DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang. 20. April 1923. Heft 16.

Über keratoplastische Operationen am menschlichen Auge.

Von Heinrich Streuli, Bern.

Wohl kein Gebiet der Augenheilkunde hat in den letzten Jahren ein größeres Interesse wachgerufen als dasjenige der *keratoplastischen Operationen*; ja die teilweise glänzenden Erfolge derselben im letzten Jahrzehnt, die zahlreichen Schwachsichtigen oder Erblindeten ihr Augenlicht wiederzugeben vermochten, sind nicht nur dem engeren Kreise der Fachgelehrten bekanntgeworden, sondern ließen auch ein weiteres Publikum aufhorchen.

Unter keratoplastischen Operationen verstehen wir diejenigen, welche sich damit befassen, die irgendwie untaugliche Hornhaut des Auges oder auch nur ein Stück derselben zu entfernen und den Defekt zu ersetzen durch ein anderes, geeigneteres Material; und zwar wollen wir uns beschränken auf das Gebiet der sog. *optischen* Keratoplastik[1]), die an Stelle einer trüben oder undurchsichtigen Hornhaut ein klares, durchsichtiges Medium einpflanzt.

Die Versuche der Chirurgie, solche Überpflanzungen oder *Transplantationen* vorzunehmen, sind nicht neu, sie lassen sich im Gegenteil weit, ja teilweise bis ins klassische und vorklassische Altertum zurückverfolgen; ihre eigentliche Bedeutung erlangten sie aber erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, als mit Einführung der anti- und aseptischen Operationsmethoden die ganze Wundarzneikunst einen gewaltigen Aufschwung nahm. Der Übertragung von kleinen Hautläppchen durch *Reverdin* und *Thiersch* folgten bald solche anderer Gewebe, und im Anfang dieses Jahrhunderts war man bereits so weit, teils am Tier, teils sogar am Menschen, ganze Gelenke, ja ganze Organe von einem Körper in den andern unter Erhaltung der Funktion zu verpflanzen.

Bei diesen Versuchen blieb die Augenchirurgie nicht zurück. Schon im Jahre 1824 hatte der deutsche Augenarzt *Reisinger* die Frage der Transplantation von Hornhautgewebe angeregt und die ersten derartigen Versuche am Tier durchgeführt, indem er ein Stück Hornhaut, einen sog. *Hornhautlappen*, von dem Auge des einen Kaninchens auf das defekte des anderen übertrug, allerdings ohne Erfolg. — Zahlreiche andere, angeregt durch die Veröffentlichungen *Reisingers*, beschäftigten sich mit der Frage, so unter anderm der damals berühmte Ophthalmologe *Dieffenbach*, der seine Abhandlung mit den Worten begann: „Die Idee *Reisingers*, die vollkommen verdunkelte Hornhaut des Menschen durch die eines Tieres zu ersetzen, ist gewiß eine der kühnsten Phantasien, und es wäre der höchste Preis der Chirurgie, wenn diese Operation gelänge.“ — Allein diese hohen Erwartungen erwiesen sich alle als trügerisch, Mißerfolg häufte sich auf Mißerfolg, so daß jene Forscher nicht mehr den Mut fanden, ihre Versuche fortzusetzen; man hatte bloß die Erkenntnis gewonnen, daß Hornhautlappen zwar einheilen können, daß sie sich aber in diesem Falle stets trübten, der optische Effekt also hinfällig war.

Lange Zeit, während dreißig Jahren, ruhte die Frage vollkommen. Immerhin muß man aber anerkennen, daß jene Autoren bereits den Grund zu allen späteren Fortschritten gelegt, daß sie selbst verschiedene Methoden versucht und ausgearbeitet hatten.

Erst im Anfang der Siebziger Jahre griff der englische Augenarzt *Power*, bald nach ihm der Deutsche *v. Hippel*, die Frage der Hornhauttransplantation wieder auf, und damit beginnt die zweite Periode der Keratoplastik. — Mit den Errungenschaften der inzwischen weit fortgeschrittenen Chirurgie ausgestattet, unternahm es namentlich *v. Hippel*, der Keratoplastik zum Erfolg zu verhelfen; er konstruierte ein eigenes Instrument, den nach ihm benannten *Hornhauttrepan*, zur Schnittführung an Stelle von Messer oder Schere, und dieser Hippelsche Trepan ist es, dem wir zur Hauptsache die Entwicklung verdanken, die wir heute zu verzeichnen haben. Unentwegt, nicht entmutigt durch Mißerfolge, hat denn auch dieser Forscher seinem vorgesetzten Ziele nachgestrebt. Diese zweite Periode der Hornhauttransplantation ist dadurch gekennzeichnet, daß man daran ging, nicht ausschließlich am Tier, sondern am Menschen selber zu operieren, wo die Verhältnisse in mancher Hinsicht günstiger liegen; zu verlieren war ja ohnehin für die betreffenden Patienten nichts, handelte es sich doch um Augen, die infolge dichter Hornhauttrübungen fast oder ganz blind geworden waren. — Zahlreich ist die Reihe der Forscher, die, angeregt durch *v. Hippel*, sich eingehend und in jahrelang fortgesetzten Versuchen um den Erfolg bemühten, zu brauchbaren Resultaten zu gelangen. Allein der Weg hierzu erwies sich trotz der verbesserten Methoden bedeutend dornenvoller als es anfänglich schien, und wie einst

[1]) Daneben gibt es eine nur *tektonischen* Zwecken dienende Keratoplastik, die unter Verzicht auf ein optisch verbesserndes Resultat nur günstigere bauliche Verhältnisse auf der Hornhaut schaffen will, so z. B. bei starker Vortreibung mit Verdünnung (Staphylom) derselben.

Dieffenbach ließ mancher von ihnen entmutigt die Hände sinken, so *Schweigger* in den Achtziger Jahren, der nach zahlreichen erfolglosen Versuchen zu folgendem Urteil kam: „Daß eine transplantierte Hornhaut überhaupt anwächst, ist alles; daß sie aber auch noch durchsichtig bleiben soll, ist mehr als wir erwarten können. Eine aus so vielfachen Gewebselementen zusammengesetzte Membran wie die Hornhaut kann nur durchsichtig sein unter der Bedingung einer wunderbaren Gleichheit der Brechungsexponenten aller ihrer einzelnen histologischen Bestandteile. Daß aber diese hohe physiologische Vollkommenheit auch erhalten bleiben sollte unter so gewaltsam veränderten Ernährungsbedingungen, wie sie die Transplantation setzt, scheint denn doch über die Leistungsfähigkeit der Natur hinauszugehen."

Dieser resignierte Standpunkt schien ganz allgemein wieder die Oberhand gewinnen zu wollen. Man nahm deshalb wieder Versuche auf, die sich nicht mit der Überpflanzung von tierischem oder menschlichem Hornhautgewebe befaßten, sondern mit der Ersetzung trüber Stellen durch einen *künstlichen* durchsichtigen Stoff, also durch eine sog. *„Cornea arteficialis"*. — Schon 1856 hatte *Nußbaum* Gläschen in Form eines Doppelknopfes in das herausgeschnittene Hornhautzentrum von Kaninchen einzusetzen versucht — sie fielen aber ausnahmslos alle nach einiger Zeit unter Vereiterung der Wunde wieder heraus. Andere suchten die Methode zu verbessern, indem sie die Gläschen in feinste Rahmen aus Gold einsetzten oder als Material durchsichtiges Celluloid verwendeten — alles ohne Dauererfolg. Die besten Resultate erlangte *Salzer*, dessen Quarzscheibchen (*Salzer* hatte herausgefunden, daß die chemische Reizung bei Quarz viel geringer ist als bei Glas) in ringförmiger Platinfassung mittels feinster Widerhäkchen auf dem Hornhautdefekt befestigt wurden und wobei er das sehr bemerkenswerte Resultat erreichte, daß der eine Fall — es handelte sich um menschliche Augen! — die Prothese unter sehr günstigen optischen Bedingungen während 9 Monaten vertrug, ein anderer gar 2¾ Jahre, worauf aber beidemale Ausstoßung des Einsatzes erfolgte.

Damit wurde diese auf den ersten Blick so verheißungsvolle Methode des Hornhautersatzes verlassen und ist seither, d. h. seit 20 Jahren, nicht mehr geübt worden. — Jedoch müssen hier noch besonders hervorgehoben werden die in der Folge von *Salzer* allerdings nur im Tierexperiment unternommenen Überpflanzungsversuche von abgestorbenen, konservierten, *organischen* Fremdkörpern in flachgeschnittene Taschen der Hornhaut, so namentlich von in Formol konservierten Pferdehornhautläppchen. *Salzer* machte hierbei die erstaunliche Entdeckung, daß solche Transplantate monatelang, ja jahrelang vollständig klar bleiben können; sie werden sehr langsam und schrittweise abgebaut und durch neugebildetes Gewebe der umgebenden Hornhaut mit der Zeit vollständig ersetzt; wir werden darauf weiter unten noch einmal zurückzukommen haben.

Unterdessen aber hatte die v. Hippelsche Schule nicht geruht und, durch keinen Mißerfolg entmutigt, die ursprüngliche, klassische Transplantation von *frischen, lebenden* Hornhautlappen weiter verfolgt. Da, wie wir schon sahen, die Lappen, auch wenn sie noch so gut einheilten, sich stets trübten, so wurde zu einer neuen Technik geschritten, nämlich zu der *nichtperforierenden* oder *schichtweisen* Trepanation, d. h. man bohrte von der zu ersetzenden Hornhaut nicht die ganze Dicke aus, sondern nur die oberflächlichen Schichten unter Belassung der tiefsten, d. h. je nach Sitz und Intensität der Trübungen ½ bis ¾ der Hornhautdicke, und setzte nun in diesen Defekt, der also das Auge gar nicht eröffnete, ein entsprechendes Stückchen klarer Kaninchenhornhaut ein — und siehe da, zur Überraschung und Freude der ganzen ophthalmologischen Welt heilte eine beschränkte Anzahl solcher transplantierter Läppchen dauernd klar ein.

Es schien demnach zu jenem Zeitpunkt — es war im Jahre 1888 —, daß zwar eine penetrierende, die Hornhaut in ganzer Dicke ausstanzende Keratoplastik wegen ausnahmslose eintretender Lappentrübung aussichtslos, eine schichtweise Transplantation dagegen in manchen Fällen erfolgreich sein könne. Der Hauptnachteil dieser letzten Methode muß zwar besonders betont werden, nämlich der, daß eben von der trüben Hornhaut nicht die ganze Dicke entfernt und durch klare ersetzt wird, sondern nur ein Teil davon, daß also der optische Erfolg durch die restierenden tiefsten Trübungsschichten mehr oder weniger stark herabgesetzt wird.

Es ist nun die weitere Entwicklung der Technik der Keratoplastik ein glänzendes Beispiel dafür, wie ohne Hinzukommen irgendeiner wesentlichen Neuerung oder Entdeckung einzig und allein stets feineres und sorgfältigeres Arbeiten, exakte Beobachtung aller, auch der kleinsten und scheinbar unbedeutendsten Nebenumstände, sowie unermüdliche und genaue klinische Kontrolle jedes einzelnen Falles zu einem Ziele führen können, das von vornherein unerreichbar erschien. Dieses Ziel, nämlich die klare Einheilung durch die *ganze* Hornhaut durchgreifender Lappen, ist heute erreicht. Nicht so allerdings, daß man solche durchgreifenden keratoplastischen Operationen mit unbedingter Aussicht auf Erfolg heute ganz allgemein vornehmen könnte; so weit sind wir noch nicht. Aber die Tatsache, daß dauernd klare Einheilung vielfach einwandfrei beobachtet wurde, beweist, daß eine funktionell befriedigende durchgreifende Hornhautüberpflanzung von einem Auge auf das andere in das Gebiet der Möglichkeit gehört.

Der erste, dem eine klare Einheilung durchgreifend transplantierter Lappen auf Kaninchenaugen glückte und der mit diesem Resultat die Hoffnung auf ein Gelingen auch beim Menschen neu belebte, war Prof. *Wagenmann* in Heidelberg. Der erste am menschlichen Auge zur klaren Einheilung gebrachte durchgreifende Lappen — er ließ nach *Wagenmanns* Erfolgen noch jahrelang auf sich warten — betrifft den berühmten Fall von *Zirm* in Olmütz aus dem Jahre 1906. In größerer Serie gelangen dann solche erfolgreiche Übertragungen dem hervorragenden Augenoperateur der Prager deutschen Universität, Prof. *Elschnig*; die zusammenfassenden Veröffentlichungen aus seiner Klinik (aus der Feder *Aschers*) stammen aus den Jahren 1919—1922.

Nach diesem kurzen historischen Überblick über den Entwicklungsgang der optischen Keratoplastik gehe ich über zu einer Schilderung des *heutigen Standes* dieses Problems, wobei auch einige wichtige prinzipielle und theoretische Einzelheiten zur Sprache kommen sollen.

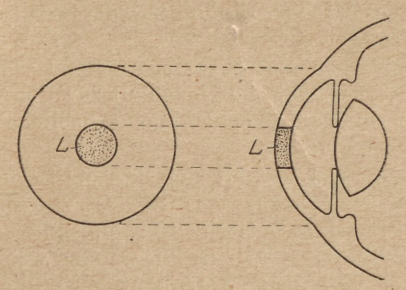


Fig. 1. *Schematische Darstellung der inkompleten durchgreifenden Keratoplastik* (Ansicht im Schnitt und von vorn).
L: Transplantierter Lappen.

Wie wir bereits sahen, teilt man die keratoplastischen Operationen ein in durchgreifende und in schichtweise; während bei der letzteren das herausgeschnittene Stück nicht die ganze Hornhautdicke durchsetzt, den Augapfel also nicht eröffnet, ist dies bei der durchgreifenden Keratoplastik der Fall. Man teilt nun außerdem die durchgreifende Keratoplastik noch ein in partielle (= inkomplete) und in totale (= komplete), also die ganze Hornhaut opfernde, einer Amputation derselben gleichkommende. Schematische Figuren werden die Übersicht erleichtern. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3.)

Von allen diesen Methoden nun verdient die *inkomplete durchgreifende* die größte Beachtung. Nach unseren heutigen Kenntnissen hat sie die besten Erfolge zu erzielen vermocht, indem bei den nichtdurchgreifenden Methoden, wie schon erwähnt, infolge Stehenbleibens einer trüben Basalschicht der optische Effekt nur dann ein befriedigender ist, wenn die Trübungen hauptsächlich in den oberflächlichen Schichten liegen, also durch die Operation mitentfernt werden. Der Grund, warum diese Methode in solchen Fällen vor der durchgreifenden den Vorzug verdient, ist der, daß die Eröffnung des Augapfels, die hier vermieden wird, immerhin eine gewisse Gefahr darstellt; ferner tritt Trübung des eingepflanzten Lappens weit häufiger ein bei durchgreifender Keratoplastik — aus welchem Grunde, werden wir noch weiter unten zeigen.

Was die komplete durchgreifende Transplantation betrifft, also den Ersatz der gesamten

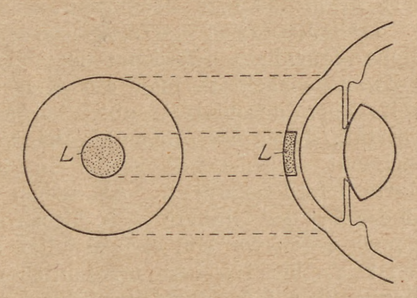


Fig. 2. *Schematische Darstellung der inkompleten schichtweisen Keratoplastik* (im Schnitt und von vorn).
Der Lappen (*L*) ist kreisrund dargestellt, wie dies bei Anwendung des *v. Hippel*schen Hornhauttrepans der Fall ist. Doch kann der Lappen hier auch mit anderen Instrumenten, z. B. feinen Messern, entnommen werden (Methode von *Löhlein*); er hat dann nicht runde, sondern langgestreckte Form.

trüben Hornhaut, so sei nur erwähnt, daß wir es hier mit einem äußerst gefährlichen Eingriff zu tun haben, dessen Risiko die Chancen bei weitem übertrifft und der deshalb nur in ganz seltenen Fällen seine Berechtigung hat. Die Operation ist im ganzen, soweit sich die Literatur überblicken

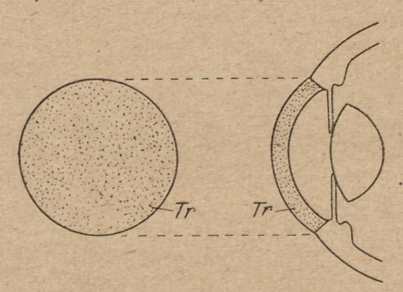


Fig. 3. *Schematische Darstellung der kompleten durchgreifenden Keratoplastik* (im Schnitt und von vorn).
Die ganze trübe Hornhaut ist entfernt und durch eine neue (*Tr* = Transplantat) ersetzt worden. Die Schnittführung kann hier nicht mit dem *v. Hippel*schen Hornhauttrepan, sondern muß mit einem feinen Starmesser, ev. auch feiner Schere, erfolgen.

läßt, am Menschen erst neunmal ausgeführt worden, wobei viermal das betreffende Auge verloren ging, in vier weiteren Fällen zwar eine richtige Einheilung, jedoch mit erheblicher Trübung und entsprechend sehr geringer Sehschärfe erfolgte; von einem Fall ist der Erfolg unbekannt. Niemals jedoch gelang es bisher, ein Klarbleiben des Transplantates mit genügendem optischem Erfolg zu erzielen, was bei dem sehr schweren Eingriff

auch nicht weiter zu verwundern ist; ein dauernd klares Einheilen darf auch für die Zukunft hier wohl kaum erwartet werden.

Wenden wir uns nun aber zu der inkompleten durchgreifenden Keratoplastik, der wohl die bedeutendste Zukunft zu prophezeien ist. Bei einer Übersicht über das gesamte Gebiet der bisher veröffentlichten Fälle ergeben sich mehrere wichtige Gesichtspunkte, auf die hier kurz eingegangen werden soll; sie haben mutatis mutandis auch für die andern Methoden ihre Bedeutung.

Als *Transplantationsmaterial* ist klarer menschlicher Hornhaut unbedingt der Vorzug zu geben. Zwar beobachtete man ein Klarbleiben, wie bereits oben geschildert, auch bei schichtweisem Ersatz durch Kaninchenhornhaut, ja im Tierexperiment durch abgestorbene, in Formol konservierte Pferdehornhaut. Abgesehen davon aber, daß die Art der Einheilung in diesen Fällen, wie wir noch sehen werden, eine ziemlich anders geartete ist als bei frischem menschlichem Material, liegen über ein Klarbleiben *durchgreifender* Lappen von Tieraugen, ob frisch oder konserviert, bisher keine Berichte vor; im Gegenteil trug diese Überpflanzung von Tier auf Mensch, wie sie ursprünglich allgemein geübt wurde, in hervorragendem Maße zu den ungenügenden Erfolgen aller früheren Operateure bei und brachte so die Keratoplastik geradezu in Mißkredit.

Statt solcher *Heterotransplantation*, d. h. Übertragung von einer Tierklasse auf die andere oder von Tier auf Mensch, wird deshalb heute mit Recht der *Homotransplantation* — Übertragung auf die gleiche Klasse, also hier von Mensch zu Mensch — oder der *Autotransplantation* — Übertragung vom selben Individuum — der Vorzug gegeben. Als menschliche Spenderaugen eignen sich solche, die aus irgendeinem Grunde entfernt werden müssen, also infolge Verletzung, bösartigen Geschwülsten des Augenhintergrundes, schwerer chronischer Entzündung; Bedingung hierbei ist nur, daß die Hornhaut klar geblieben sei. — Es scheint übrigens, daß gerade die letzterwähnte Gruppe chronisch entzündlicher Augen sich besonders gut eigne, vielleicht, weil hier die Hornhaut bereits an schlechtere Ernährungsverhältnisse gewöhnt ist und der überpflanzte Lappen sich eher in ein neues, verändertes Milieu einpaßt.

Über den Einfluß des Alters des Spenders läßt sich eine einheitliche Regel nicht aufstellen, doch scheint es, daß hier bestimmte Gesetzmäßigkeiten nicht vorkommen; im allgemeinen wird sich allerdings ein geringeres oder mittleres Alter besser eignen als ein höheres. — Ferner glaubte man in ungefährer Gleichaltrigkeit von Spender und Wirt — so nennen wir das Individuum, auf welches überpflanzt wird — das günstigste Verhältnis zu erkennen. — Ob die Gleichseitigkeit bei Wirt und Spender oder ihre Gleichgeschlechtigkeit einen gesetzmäßigen Einfluß auf das klare Einheilen ausüben, darüber zu urteilen ist das bis heute vorliegende Operationsmaterial noch zu gering; doch scheint die Bedeutung dieser Faktoren nicht sehr erheblich zu sein.

Es wurden ferner auch Untersuchungen angestellt über das Verhältnis des Blutes des Spenders zu dem des Wirts; bekanntlich gibt es innerhalb derselben Klasse Individuen, deren Blut sich, wenn man es mischt, gegenseitig stark beeinflußt und verändert, und zwar im Sinne einer Auflösung oder Verklebung der roten Blutkörperchen (man nennt diese Erscheinungen Isohämolyse resp. Isoagglutination), während dieser Vorgang bei anderen Individuen nicht eintritt. Es lag nun nahe, zu vermuten, daß, wie das Blut, so auch die übrigen Körpergewebe, also auch die Hornhaut, bei den einen sich gegenseitig schädigen könnten, bei den andern dagegen nicht. Vorläufig der Transplantation untersuchte man deshalb in zahlreichen Fällen die gegenseitige Einwirkung des Blutes von Wirt und Spender — allein zwischen den Fällen mit Eintreten der Isohämolyse resp. -agglutination und solchen ohne diese ergab sich kein typisch unterschiedliches Verhalten bei der Einheilung der transplantierten Hornhaut.

Wir können also zusammenfassend sagen, daß jede klare menschliche Hornhaut zur Übertragung auf ein anderes Auge ohne erhebliche Unterschiede geeignet ist.

Ganz anders verhält sich nun die Sache, wenn wir uns zum *Auge des Wirtes* wenden. Der Grund, der eine optische Keratoplastik erforderlich macht, ist stets eine mehr oder weniger intensive Trübung der Hornhaut. Für die durchgreifende Pfropfung kommen die dichten, alle Schichten durchsetzenden Opacitäten in Betracht (bei den leichteren, insbesondere oberflächlichen, genügt oft, wie bemerkt, die nur schichtweise Pfropfung). Allein auch bei diesen dichten Hornhauttrübungen sind gewisse Unterschiede zu beachten; es versprechen nämlich diejenigen unter ihnen die besten Resultate, bei denen nicht alle feinsten Gewebselemente, die sog. Hornhautkörperchen, und ihre klare Zwischensubstanz, die Hornhautfasern und -lamellen, durch den voraufgehenden Krankheitsprozeß ausnahmslos zerstört und durch narbiges Bindegewebe ersetzt sind; eine solch schwer veränderte Hornhaut eignet sich nur unzureichend als Nährboden für das Transplantat. Glücklicherweise bildet eine solche bis in alle Strukturteile zerstörte Hornhautnarbe auch nicht die Regel, auch bei anscheinend sehr dichten Trübungen nicht. Die günstigsten Verhältnisse bieten in dieser Beziehung Hornhauttrübungen nach schweren Entzündungen derselben, namentlich infolge angeborener Syphilis und infolge skrofulöser Hornhautprozesse. Weniger ausgezeichnete, wenn auch immerhin günstige Erfolge konnte man bei Hornhauttrübungen nach Blattern, nach ägyptischer Körnerkrankheit, nach Säure- und Kalkverätzungen sowie anderen

Verletzungen verzeichnen. Weiter soll hier nicht auf Einzelheiten eingegangen werden.

Was die zur Aufnahme des Transplantates geeignetste Stelle der Wirtshornhaut betrifft, so glaubte man vielfach, daß die Nähe des Hornhautrandes wegen der Nachbarschaft von Blutgefäßen und einer dadurch gewährleisteten besseren Ernährung geeigneter sei als das Zentrum der Hornhaut; doch erwies sich diese Vermutung als unrichtig, und zwar aus dem Grunde, weil die Ernährung des überpflanzten Lappens, wie wir nachher noch sehen werden, völlig unabhängig von jeglicher direkten Blutzufuhr erfolgt; dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Pfropfung mitten auf der Wirtshornhaut vorzunehmen, d. h. in einem Gebiet, das optisch die günstigsten Resultate verspricht.

Hier mögen noch einige Worte Platz finden betreffend das Alter des Wirtes. Es finden sich da im Gegensatz zum Spender ganz erhebliche Unterschiede, und zwar liefert die erste Dekade ganz besonders ungünstige Resultate; vor dem zehnten Lebensjahr die Keratoplastik auszuführen, hat gar keinen Sinn, denn in fast allen Fällen mißlingt hier der Eingriff. Es ist nämlich nach Ausführung der Operation eine absolute Ruhe während mehrerer Tage erforderlich; jeder leiseste Versuch, die Lider unter dem Verbande zu öffnen, den Kopf zu heben oder nur zu wenden, kann zur Ausstoßung des Lappens aus seinem Bette und weiteren schweren Komplikationen führen. Viel günstiger werden dann die Aussichten im zweiten und dritten Jahrzehnt; jenseits des dreißigsten Lebensjahres sind jedoch merkwürdigerweise die Resultate wieder schlechter, und eine vollkommen klare Einheilung war in diesem Alter bisher überhaupt noch nicht zu erzielen.

Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir jetzt auf die *Operation* selber ein. Diese ist eine der subtilsten aller bisher ausgeführten Operationen am Auge, ja aller überhaupt am Menschen vorgenommenen. Sie erfordert peinlichste Exaktheit, es kommt hier nicht auf Millimeter, sondern auf Bruchteile von solchen an. Die Hand des Operateurs muß mit absoluter Sicherheit, ohne das leiseste Zittern, dabei rasch und leicht arbeiten, soll anders nicht der Erfolg von vornherein erheblich gefährdet sein; die Aufmerksamkeit muß auf viele Dinge zugleich gerichtet sein.

Wirt und Spender werden im selben Saal auf zwei benachbarte Operationstische gelegt und die betreffenden Augen durch Cocaineinträufelung resp. Novocaininjektion unempfindlich gemacht, und zwar vollständig, damit keinerlei Schmerzempfindung die Patienten zu unwillkürlichen Bewegungen veranlaßt; sehr jugendliche Spender müssen allgemein narkotisiert werden. — Selbstverständlich sind beide, Wirt und Spender, aufs beste vorbereitet, es ist für Keimfreiheit der Bindehaut in jedem Falle gesorgt. Strengste Asepsis während des ganzen Eingriffes ist conditio sine qua non. — Nach Einlegen des Lidhalters beim Spender wird der Augapfel mittels Pinzetten fixiert und nun der v. Hippelsche Trepan zur Entnahme des kreisrunden Lappens wenn möglich auf das Zentrum der Hornhaut aufgesetzt.

Dieser *Trepan*, ein Instrument von genauester Präzision, hat die Form eines sechskantigen, ca. 5 cm langen, bleistiftartigen Führungsstabes aus vernickeltem Stahl, an dessen unterem Ende ein scharfgeschliffenes Ringmesser (= Trepankrone) von auswechselbarem Kaliber sitzt, während am oberen Ende ein trommelförmiges Uhrwerk angebracht ist, das die Krone in rascheste und dennoch schleuderfreie Bewegung versetzt;

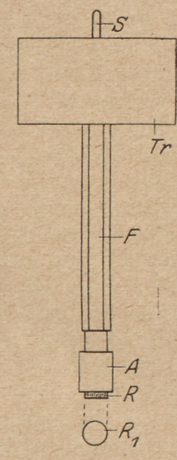


Fig. 4. *Schematische Skizze des v. Hippelschen Hornhauttrepans* (ca. ½ natürl. Größe).
F: Führungsstab, zum Halten des Instrumentes dienend.
Tr: Trommel mit Uhrwerk.
A: Arretiervorrichtung, die ein weiteres Eindringen des Ringmessers verhindert.
R: Ringmesser = Trepankrone. (R_1: Ansicht desselben von unten.)
S: Stift oben auf der Trommel; bei leisem Druck auf denselben setzt das Uhrwerk die Trepankrone in rasche Umdrehung; bei Nachlassen des Druckes stoppt die Drehung sofort.

das Ringmesser besitzt übrigens eine je nach der Dicke der Hornhaut verstellbare Arretierung, die ein weiteres Eindringen nach durchgeführter Perforierung verhindert (Fig. 4). Ein leiser Fingerdruck auf einen Stift (*S*) versetzt das Uhrwerk in Gang, die Krone dringt rotierend in das Gewebe der Hornhaut ein und hat es in einigen Augenblicken unter Bildung einer sehr scharfen Schnittlinie durchsetzt. Der runde, herausgeschnittene Lappen, der einen Durchmesser von 4—4½ mm besitzt, wird nun, wenn möglich ohne jegliche Berührung mit irgendwelchen Instrumenten, mit der Vorderfläche nach unten auf einen sterilen Tupfer gelegt und so zwischen beiden Hohlhänden eines Assistenten zum Schutze gegen Austrocknung aufbewahrt bis zum Moment

seiner Implantation ins Wirtsauge; jede Berührung, namentlich der Hinterfläche, kann seine spätere Trübung begünstigen.

Ohne nun weitere Zeit zu verlieren, wird unverzüglich zum zweiten Akt geschritten und derselbe Trepan auf die trübe Hornhaut des Wirtes aufgesetzt, auch hier in der Regel fast oder ganz zentral; es wird also ein genau gleichgroßes Stück ausgeschnitten, wie beim Spender. Jedoch ist hier insofern noch größere Vorsicht erforderlich als dort, weil ja dieses Auge nicht, wie dasjenige des Spenders wenigstens in der Regel, dem Untergange geweiht ist. So ist vor allem darauf zu achten, daß nicht etwa die Linse verletzt wird, was eine schwere Komplikation darstellen würde; sobald nämlich die vordere Augenkammer eröffnet ist, fließt ihr Inhalt, das Kammerwasser, ab, die Linse rückt infolgedessen nach vorn und gerät mit Leichtigkeit in den Bereich des Ringmessers; sofortiges Anhalten durch Loslassen des Uhrwerkknopfes unmittelbar nach eingetretener Perforation des Augapfels ist deshalb unbedingtes Erfordernis. Die lostrepanierte Scheibe wird nun mit einer feinen Pinzette gefaßt und völlig entfernt, wenn nötig unter Zuhilfenahme einer minutiösen Schere, um damit noch restierende Gewebsbrücken zu durchtrennen. Auf Komplikationen, die sich aus einer Verwachsung der Regenbogenhaut mit der trüben Hornhaut („vordere Synechie") oder aus einer Trübung der Linse ergeben, soll hier nicht näher eingegangen, sondern nur bemerkt werden, daß solche festgewachsene Regenbogenhaut herausgeschnitten, eine getrübte Linse entfernt werden muß.

Der Lappen des Spenders wird unmittelbar nachher mittels des Tupfers, auf dem er liegt, dicht über die Trepanationsöffnung des Wirtsauges gebracht und unter Zuhilfenahme eines feinen Spatels durch zartes Ansetzen am Rande völlig in die Öffnung geschoben, in welche er sehr genau passen soll; hier wie während der ganzen Operation ist die möglichste Schonung des Lappens oberstes Gesetz. Aus diesem Grunde wird auch keinerlei Naht zur Fixation angelegt; der Lappen hält in der Regel auch ohne solche; nur in Ausnahmefällen, auf die ich jetzt nicht eingehe, ist eine Nahtbefestigung erforderlich; sie muß in diesem Falle äußerst exakt ausgeführt werden, da sie sonst durch Reizung mehr schadet als nützt; als Nahtmaterial eignet sich am besten geflochtenes Frauenhaar.

Hat man sich überzeugt, daß der Lappen genau in sein Bett eingepaßt ist und in richtigem Niveau liegt, so werden beide Augen des Patienten vorsichtig geschlossen und verbunden; frühestens drei Tage später, während welcher, wie bereits bemerkt, der Operierte völlig ruhig liegen muß, erfolgt der erste Verbandwechsel, worauf dann noch während vierzehn Tagen das trepanierte Auge unter Verband gehalten wird.

Das ganze hier dargestellte Procedere sieht auf den ersten Blick ziemlich einfach aus; doch darf nicht vergessen werden, daß wir hier bloß den typischen Hergang kennenlernten, ohne auf die Komplikationen, die von allen Seiten her drohen und oft genug auch tatsächlich erfolgen, einzutreten; dann ist rascher Entschluß und zielsicheres Handeln vonnöten, wenn nicht jeder Erfolg von vornherein illusorisch werden soll. Und wenn man sich nun vergegenwärtigt, daß von Gelingen oder Mißlingen der Operation nicht Leben oder Tod, sondern mehr, nämlich das ganze zukünftige Lebensglück des Patienten abhängt, daß in diesem entscheidenden Augenblick dessen ganzes Schicksal in der Hand des Operateurs liegt, so wird man sich die seelische und körperliche Anspannung dieses letzteren erst vorstellen können.

Mit dieser Besprechung der Operation selber ist nun aber keineswegs der ganze Fragenkomplex, der sich bei einer Darstellung der keratoplastischen Operationen stellt, erledigt. Vielmehr muß es nun noch besonders interessieren, etwas über das *weitere Schicksal des transplantierten Lappens* zu vernehmen.

Bei genauem Einpassen — und dies wird heute von einem geübten Chirurgen in der Regel erreicht — werden durch Fibrin, das aus dem nach Perforation und Abfluß der vorderen Augenkammer rasch sich neubildenden Kammerwasser ausgeschieden wird, die Ränder der Wirtshornhaut verklebt, und zwar erstaunlich rasch, oft schon nach wenigen Minuten. Neben dieser sehr willkommenen Rolle spielt aber das Kammerwasser noch eine andere, weit ungünstigere; durch Eindringen vom Schnittrande her (bei verletztem Hornhautendothel übrigens auch von der Hinterfläche des Lappens aus direkt) vermag es anfänglich in die Lappensubstanz selber hineinzudiffundieren und auf diese Weise eine ausnahmslos zu beobachtende, mehr oder weniger intensive sog. *erste Trübung*, oft auch noch Quellung des Lappens zu verursachen. Glücklicherweise bilden sich diese Erscheinungen zwar in der Großzahl der Fälle wieder nahezu oder vollständig zurück; andernfalls stellen sie den Erfolg der Operation stark in Frage, und das Transplantat unterscheidet sich dann von seiner trüben Umgebung nur noch wenig oder gar nicht. — Es ist hier nun auch der Ort, nochmals kurz auf die nicht perforierende, schichtweise Keratoplastik zurückzukommen. Hier, wo die vordere Augenkammer gar nicht eröffnet wird, ist auch ein Eindringen des Kammerwassers in den transplantierten Lappen und damit eine erste Trübung ausgeschlossen, und dies ist denn auch der Hauptvorteil dieser Methode, dem sie ihre Entstehung verdankt; er verdient, besonders hervorgehoben zu werden, nachdem oben bereits auch die Nachteile der schichtweisen Keratoplastik dargestellt wurden.

Die eben geschilderte Verklebung des Lappens durch Fibrin ist aber, wenn wir den gesamten

Gang der Heilung betrachten, nur ein erster Notbehelf. Es wird nämlich im Laufe der nächsten Tage und Wochen bei allen Fällen, die nicht zur Ausstoßung des Lappens aus seinem Bette und damit zum Mißglücken der Operation führen — die Gründe hierfür sollen nicht im einzelnen besprochen werden; es sei nur erwähnt, daß dieser unheilvolle Ausgang zum Glück die Ausnahme bildet — die Verbindung allmählich solider durch Wucherung der Hornhautzellen des Wirtes, vielleicht in manchen Fällen später auch des Lappens. Gleichzeitig beginnt der ernährende Säftestrom von der Wirtshornhaut und aus dem Kammerwasser in den Lappen überzutreten, eine Tatsache von größter Wichtigkeit für die Erhaltung des Transplantates. Blutgefäße dringen erst später vor, und zwar ziehen sie von der Umgebung allmählich in den Lappen hinein, mehr oder weniger zahlreich und groß; auf diese Weise entsteht eine weitere, sog. *zweite Trübung* des Lappens. Je geringer demnach dieses Auftreten blutführender Äderchen, desto besser die Aussicht auf ein Klarbleiben des Transplantates. Für die Ernährung des Lappens haben sie keine direkte Bedeutung, erreichen sie doch den Höhepunkt ihrer Entwicklung erst lange nachdem die Ernährung durch Saftströmung bereits genügend funktioniert, nämlich 4—6 Wochen nach der Operation, um sich dann ganz allmählich mehr oder weniger vollkommen wieder zurückzubilden.

Eine *dritte Art von Trübung* kann sich dann im weiteren Verlaufe noch nach Wochen oder Monaten einstellen, nämlich dann, wenn infolge schwerer Veränderung der Wirtshornhaut, so z. B. bei dichter Narbentrübung, diese den Lappen auf die Dauer nicht genügend ernähren kann, worauf schon früher hingewiesen wurde.

Erst ungefähr sechs Monate nach der Operation darf der Erfolg derselben als feststehend betrachtet werden, indem erst jetzt die Verhältnisse sich stabilisiert haben und eine wesentliche Verschlimmerung nicht mehr zu erwarten steht. — Der Lappen ist nun von einem feinen, weißen, narbigen *Grenzring* umgeben; je nach seiner Klarheit hebt er sich schärfer oder undeutlicher von seiner Umgebung, der trüben Wirtshornhaut, ab.

Über die Rolle, die das Transplantat selber bei allen diesen Vorgängen spielt, bleiben noch einige Worte zu sagen.

Es ist bis heute eine nicht mit Sicherheit entschiedene, wissenschaftliche Streitfrage, ob der Lappen als solcher *dauernd einheile*, oder ob er allmählich vom Wirte abgebaut, resorbiert, und durch eigenes — trübes oder klares — Gewebe ersetzt werde.

Sicher darf wohl dies letztere als zutreffend angenommen werden bei Heterotransplantation, also bei Überpflanzung von Tier auf Mensch oder gar von konservierter Tierhornhaut. Die Richtigkeit dieser Annahme geht besonders aus den Salzerschen Untersuchungen hervor. Das Endresultat bei diesem Prozeß, nämlich ob das vom Wirt an Stelle des abgebauten Lappens neugebildete Ersatzgewebe trübe sei oder klar, hängt dabei von der Beschaffenheit der Wirtshornhaut selber ab; vollständig narbiges Gewebe wird nur seinesgleichen reproduzieren können, nämlich undurchsichtiges Bindegewebe; dagegen vermögen die in den meisten Hornhauttrübungen noch unversehrt vorhandenen ursprünglichen Gewebselemente, die Hornhautkörperchen[2]), auch ihrerseits durch Teilung ein klares Produkt zu schaffen, das in manchen Fällen dominieren, also ein durchsichtiges Ersatzgewebe bilden kann. — Sei dem aber wie ihm wolle, so haben wir es hier stets nur mit einer *scheinbaren* oder *unechten Transplantation* zu tun, indem der Lappen nur gewissermaßen als Füllsubstanz, als Nährboden, als Brücke dient, auf welcher die eigenen Gewebszellen des Wirtes vordringen und im selben Maße, wie der Lappen verschwindet, sich selber an dessen Stelle setzen können. Einen solchen Vorgang bezeichnet man als *Regeneration.* Es darf, wie gesagt, als feststehend angesehen werden, daß beim Menschen wie bei sämtlichen Warmblütern bei Heterotransplantation keine echte Pfropfung, sondern immer nur eine Regeneration erfolgt, und zwar nicht nur am Auge, sondern ganz allgemein.

Wie steht es aber mit der Homoiotransplantation? Darüber sind die Akten nicht geschlossen. Nach neueren Untersuchungen, namentlich von *Bier,* schränkt sich indessen auch hier das Gebiet der echten Transplantation gegenüber den früher herrschenden Ansichten ganz gewaltig ein, ja es bleibt nur noch ein kleiner Bruchteil dessen bestehen, was man in der ersten Begeisterung als echte Transplantation ansah; derselbe Regenerationsvorgang, wie für die Heterotransplantation geschildert, hat hier in weitaus den meisten Fällen statt.

Allein — es gibt Ausnahmen! Und eine davon *scheint* die Hornhaut zu bilden. Eine Beweisführung stößt zwar bei allen solchen Untersuchungen auf größte Schwierigkeiten. Jedoch kommen Forscher, wie der Altmeister der Ophthalmologie, Prof. *Fuchs* in Wien, sowie auch *Elschnig* in Prag, der heute wohl erfahrenste Augenchirurg auf diesem Gebiet, auf Grund ihrer mikroskopisch gründlich untersuchten Schnittpräparate von Hornhautpfropfungen zu dem Schluß, daß es sich hier häufig um eine echte Transplantation, um ein richtiges Einheilen und Weiterfunktionieren der Lappen handle; ich sage häufig; denn daneben kann es auch hier nicht selten zu einer allmählichen Resorption des Lappens und Regeneration der Wirtshornhaut kommen, namentlich bei nicht klarer Einheilung.

[2]) Ob sich dabei nur die Hornhautkörperchen, d. h. die eigentlichen Parenchymzellen der Hornhaut, beteiligen, oder auch die Zellen des Hornhautepithels (*Salzer* z. B. nimmt ausschließlich das letztere an, stößt aber damit auf ausgedehnte Opposition), dies ist eine weitere Streitfrage, die aber in diesem Zusammenhang unerheblich ist.

Es wäre ungemein interessant, die Argumente, die auf ein Erhaltenbleiben des transplantierten Lappens in seinem neuen Bette hinweisen, hier darzulegen; doch würde dies den Rahmen dieser zusammenfassenden Darstellung überschreiten. Halten wir also nur fest, daß der seltene Fall einer echten Homoiotransplantation bei der menschlichen Hornhaut tatsächlich vorzuliegen scheint.

Wie dem aber auch sei, so ändert dies an den tatsächlichen Erfolgen der Keratoplastik nichts. 10 % aller operierten Fälle sind es, bei denen wir bei dem heutigen Stande unserer Erfahrung und Technik auf ein dauernd klares Einheilen des überpflanzten Lappens hoffen dürfen — gewiß noch ein geringer Prozentsatz. Zu den günstigen Resultaten darf man aber außer den völlig klaren auch noch die durchscheinend bleibenden Transplantate rechnen, die gegenüber dem Zustand vollständiger Trübung vor der Operation eine oft erhebliche Besserung der Sehschärfe bewirken; für den fast Blinden ist schon ein sehr geringes Sehvermögen ein gewaltiger Gewinn. Fassen wir diese Fälle mit den ganz klaren als günstige Resultate zusammen, so erhöht sich ihre Zahl bereits auf 50 %.

Indessen vermögen solche trockenen Zahlen, so erfreulich sie auch sind, keinen Eindruck von dem zu vermitteln, was eine erfolgreiche Keratoplastik für den Operierten selber bedeutet; man muß vielmehr solche Fälle selber gesehen haben. Ich möchte hier nur zum Schluß noch den berühmt gewordenen Fall des Patienten *Franz S.*, von *Elschnig* 1919 in Prag operiert, erwähnen; es handelt sich wohl um die am besten gelungene von sämtlichen bisher am Menschen vorgenommenen durchgreifenden keratoplastischen Operationen. Der Patient war ein junger gebildeter Mann von 29 Jahren, der anderthalb Jahre vorher plötzlich von einer schweren beidseitigen Hornhautentzündung befallen worden war, die zu intensiven wolkigen Trübungen mit nahezu vollständiger Erblindung geführt hatte. Jede Behandlung erwies sich als machtlos, der Zustand besserte sich nicht mehr; über den seelischen Zustand des Patienten brauchen wohl keine weiteren Worte verloren zu werden. Da wurde als letzte Hoffnung zur Keratoplastik des linken Auges geschritten. Wer das Resultat derselben sah — der Geheilte wurde 1¼ Jahr später der deutschen ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg vorgestellt —, glaubte tatsächlich, seinen eigenen Augen nicht trauen zu dürfen: Mitten in milchig trüber, ganz undurchsichtiger Hornhaut befand sich eine völlig klare Scheibe so tadellos und reizlos eingeheilt, als hätte sie zeitlebens dort gesessen. Die Sehschärfe erwies sich als vollkommen normal, der Mann las feinste Druckschrift wie jeder andere. Ein Mensch, der den größten Teil seines Lebens noch vor sich hatte, mit Blindheit geschlagen, war wieder sehend geworden wie zuvor. Der Eindruck wird allen, die das fast Unglaubliche sahen, für immer im Gedächtnis haften. Und es ist gewiß nicht übertrieben, zu behaupten, daß ein einziger solcher Erfolg alle jahrzehntelange, rastlose Forscherarbeit wohl aufwiegt, ja, daß er sie reichlich belohnt. Und es ist vielleicht der, dem dieser „höchste Preis der Chirurgie", wie es *Dieffenbach* nannte, zuteil wird, nicht minder beglückt als der andere, dem dadurch sein Augenlicht wieder geschenkt wird.

Einiges über die physiologische Bedeutung der Phosphorsäure.

Von Fritz Laquer, Frankfurt a. M.

Wenn man versucht, sich über die zurzeit vorherrschende Einstellung der biochemischen Forschung Klarheit zu verschaffen, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die anorganische, vor allem die physikalische Chemie und Ionenlehre in Verbindung mit der Kolloidchemie, gegenüber der alten, gewissermaßen klassischen, physiologischen Chemie, die mehr oder weniger eine angewandte Chemie der Eiweißkörper, Fette und Kohlenhydrate bzw. ihrer im Stoffwechsel sich vollziehenden Ab-, Auf- und Umbaureaktionen darstellte, beträchtlich an Gelände gewonnen hat. Es ist hier nicht der Ort, ein Urteil darüber zu fällen, nach welcher Seite das Pendel der Forschung zwischen dem anorganischen und organischen Pol zurzeit zu weit ausgeschlagen erscheint. Zweck der folgenden Seiten soll es sein, zu zeigen, daß auch von der Verfolgung des Schicksals anorganischer Stoffe im Pflanzen- und Tierkörper wichtige Aufschlüsse über die Abbauwege und Zwischenreaktionen organischer Nahrungsmittel erhalten werden können.

Betrachten wollen wir zu diesem Zwecke die *Phosphorsäure*, die zunächst sicher als fakultative, vielleicht sogar obligatorische Komponente des normalen Kohlenhydratabbaues an gewissen Stellen des Pflanzen- und Tierreiches erkannt, bei der Muskeltätigkeit und möglicherweise auch noch bei anderen Grundfunktionen der lebenden Substanz eine entscheidende Rolle spielt, über die uns in den letzten Jahren vor allem die Untersuchungen *Embdens* und seiner Mitarbeiter weitgehende Aufklärung gebracht haben. Nur in diesem Zusammenhang soll Schicksal und Bedeutung der Phosphorsäure verfolgt werden. Ihr Vorkommen in zahlreichen Eiweißkörpern, in den Nukleinsäuren und Phosphatiden, die Verwendung ihrer Salze als Gerüstsubstanz von Knochen und Zähnen spricht für das Vorhandensein zahlreicher anderer Wege und Zusammenhänge des Phosphorsäurestoffwechsels, die zum Teil in ihrer Dynamik weniger eingehend erforscht, schon aus der räumlich gebotenen Beschränkung heraus in ihrer gewaltigen Ausdehnung hier völlig unerörtert bleiben müssen.

I. Die Stellung der Phosphorsäure im Kohlenhydratabbau.

A. Ihre Rolle bei der alkoholischen Gärung und ihr Vorkommen an anderen Stellen des Pflanzenreichs.

Die schon längere Zeit bekannte Begünstigung und Beschleunigung der alkoholischen Gärung durch Zusatz phosphorsaurer Salze fand ihre chemische Erklärung durch die Entdeckung der Hexosediphosphorsäure, die gleichzeitig und unabhängig voneinander *Harden* und *Young* (12) sowie *Iwanoff* (14) glückte. Sie konnten aus dem Gärgut der Hefe eine Verbindung isolieren, die an einem Molekül eines Monosaccharids zwei Moleküle Phosphorsäure esterartig gebunden enthält, und die von ihren Entdeckern auf Grund weiterer Untersuchungen als Fruktosediphosphorsäure angesehen wurde. Die Verbindung selbst konnte bis jetzt nicht zur Kristallisation gebracht werden, und wurde immer nur in Form amorpher Salze abgeschieden. Ihre Osazonverbindung konnte dagegen bald kristallinisch erhalten werden; ganz kürzlich gelang es auch *Neuberg* (24), schön kristallisierende Alkaloidsalze der Hexosephosphorsäure darzustellen. (In noch nicht veröffentlichten Versuchen konnte Frl. *Cahn* im Frankfurter Institut für veget. Physiologie gleichfalls das gut kristallisierende hexosephosphorsaure Bruzin schon vor einigen Jahren gewinnen.)

Über die Tatsache, daß sich Zucker vor oder bei ihrer Zerlegung durch die Hefefermente mit Phosphorsäure in der geschilderten Weise verestern können, besteht demnach nicht mehr der geringste Zweifel. Strittig ist nur die Frage, ob es sich hierbei um einen obligatorischen oder einen fakultativen Vorgang handelt. Die meisten Autoren sind der Ansicht, daß die Bindung an Phosphorsäure notwendige Vorbedingung für die Angreifbarkeit von Zucker durch Hefe sei. Andere dagegen, wie *Neuberg* (23), sind der Meinung, daß es sich hierbei um einen pathologischen Nebenweg aus den zahlreich verschlungenen Pfaden, die das Zuckermolekül einschlägt, ehe es in Kohlensäure und Alkohol zerfallen kann, handeln müsse.

Es ist nicht möglich, für eine der beiden Auffassungen hier endgültig Stellung zu nehmen. Nur glaube ich, daß man daraus, daß frische Hefe keine Hexosephosphatbildung erkennen läßt, sondern erst nach Abschwächung ihrer Vitalität durch Toluolzusatz oder andere Mittel, nicht schließen kann, daß normalerweise vergärender Zucker überhaupt keine Verbindung mit Phosphorsäure eingeht. Wenn es sich um ein Durchgangsprodukt handelt, so könnte die Hexosephosphorsäure gerade bei völlig ungestörtem Ineinandergreifen aller Zellfunktionen so schnell wieder verschwinden, daß sie sich nur bei absichtlicher Störung dieses komplizierten Getriebes in solchen Mengen anhäuft, daß sie nachgewiesen werden kann, wie wir das von vielen Stoffen des intermediären Stoffwechsels kennen. Denn eine intermediär gebildete Substanz kann sich nur dann in nachweisbarer Menge anstauen, wenn die Geschwindigkeit, mit der sie verschwindet, kleiner ist als die, mit der sie entsteht. So können uns gerade Zellen, in denen das Gleichgewicht dieser Geschwindigkeiten irgendwie gestört ist, wichtige Aufschlüsse über den intermediären Stoffwechsel geben, denn im allgemeinen gilt der Satz: Chemische Leistungen, die lebendes oder überlebendes Gewebe unter ungünstigen Bedingungen noch vollbringen kann, werden unter völlig normalen Verhältnissen erst recht ausgeführt.

Es erscheint sogar nicht ganz ausgeschlossen, daß auch an einer ganz anderen Stelle des Pflanzenreiches beim Kohlenhydratabbau der Phosphorsäure eine allerdings im einzelnen noch gänzlich unbekannte Bedeutung zukommt. Nach den Untersuchungen *Samecs* (28) soll Phosphorsäure nämlich ein regelmäßiger Bestandteil pflanzlicher Stärke, und zwar des Amylopektins sein, vorausgesetzt, daß diese ältere Einteilung in Amylose und Amylopektin noch zu Recht besteht, was von neueren Untersuchern der Stärkechemie bestritten wird (*Karrer* (15)). Jedenfalls legt der Befund den Gedanken nahe, daß auch beim diastatischen Abbau höherer Polysaccharide eine intermediäre Bindung an Phosphorsäure Platz greifen könnte.

In diesem Zusammenhang sei auch der Verbindung des Inosits (Hexahydroxybenzol) mit Phosphorsäure kurz Erwähnung getan, deren Magnesium- und Calciumverbindung als *Phytin* in den sich entwickelnden Organen junger Pflanzen in nicht unbeträchtlicher Menge angetroffen wird. Für das Vorhandensein entsprechender Verbindungen im tierischen Organismus wurden von *Rosenberger* (27) und von *Starkstein* (31) freilich noch nicht völlig sichere Anhaltspunkte gewonnen.

B. Ihre Bedeutung für den Kohlenhydratabbau im Muskel.

In ähnlicher Weise, wie die Hefezelle, bedient sich auch die Muskelzelle der Phosphorsäure, um ihre Kohlenhydratbestände abzubauen. (Auf die anderen Übereinstimmungen und Ähnlichkeiten, die zwischen alkoholischer Gärung, Atmung und Muskeltätigkeit bestehen, sei hier nicht eingegangen, besonders, da *Meyerhof* (20) vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift bereits darüber berichtet hat.)

Zunächst gelang es *Embden, Griesbach* und *Schmitz* (2), zu zeigen, daß die Milchsäurebildung, die beim Stehen von Muskelpreßsaft in Erscheinung tritt, unter gewissen Versuchsbedingungen von dem Auftreten äquimolekularer Phosphorsäuremengen begleitet ist. Während schon früher (1) festgestellt war, daß im Muskelpreßsaft von Warmblütern zugesetzte Kohlenhydrate, wie Gly-

kogen und Traubenzucker, die Milchsäurebildung nicht zu steigern vermochten, war es *Embden, Griesbach* und *Laquer* (3) möglich, durch Zusatz des oben beschriebenen Hefehexosephosphats eine starke Vermehrung der Milchsäure- und auch der Phosphorsäurebildung zu erzielen. Diese drei, am Warmblütermuskelpreßsaft erhobenen Befunde: Unangreifbarkeit von Traubenzucker und Glykogen, Auftreten äquimolekularer Milchsäure- und Phosphorsäuremengen, Steigerung der Milchsäure- und Phosphorsäurebildung durch Hexosephosphat, führten *Embden* zu der Annahme, daß als unmittelbare Vorstufe der im Muskel auftretenden Milchsäure und Phosphorsäure ein *Lactacidogen* vorhanden sei. Dieses sollte aus einem an Phosphorsäure gebundene Kohlenhydratkomplex bestehen und mit dem bei der alkoholischen Gärung entstehenden Hexosephosphat weitgehende Ähnlichkeit haben.

Tatsächlich gelang es kurz darauf *Embden* und *Laquer* (4), diese hypothetisch geforderte Verbindung aus frischem Muskelbrei in Form ihrer Osazonverbindung zur Abscheidung zu bringen. Sie ist mit der aus Hefehexosephosphat gewonnenen Osazonverbindung identisch. Ihre Darstellung macht keine methodischen Schwierigkeiten, nur muß man mit ganz frischem Material arbeiten, da nach dem Tod des Tieres ziemlich rasch eine fermentative Zersetzung eintritt. Wenn auch die erwähnte Osazonverbindung mit der aus Hefehexosephosphorsäure völlig übereinstimmt, so liegen doch mehrere Anhaltspunkte dafür vor, daß das Lactacidogen selbst, wie es im lebensfrischen Muskel vorhanden ist, mit Hefehexosephosphorsäure chemisch nicht vollkommen identisch ist. Hierüber sind fortgesetzte Untersuchungen im Gange.

Eine Bestätigung der Annahme, daß der Phosphorsäure beim Kohlenhydratabbau im Muskel eine entscheidende Rolle zukommt, lieferten späterhin die unabhängig voneinander von *Meyerhof* (22) und *Laquer* (19) erhobenen Befunde, nach denen im Froschmuskelbrei, der im Gegensatz zum Preßsaft aus Warmblütermuskeln auch ihm von außen zugesetzte Kohlenhydrate unter gewissen Bedingungen in Milchsäure umwandeln kann, diese Fähigkeit an das Vorhandensein eines Phosphatmilieus gebunden ist, das hierbei durch andere Salze nicht ersetzt werden kann. So erklärt sich wohl auch die fördernde Wirkung der Phosphate bei der Zellatmung. Da die Milchsäurebildung im Muskel nach der treffenden Meyerhofschen Formulierung der „Schrittmacher der Atmung" ist, wird jede die Milchsäurebildung begünstigende Milieuänderung auch auf die Zellatmung fördernd wirken.

Möglicherweise kommt hierbei außerdem noch die direkte Verbrennung von Glycerinphosphorsäure in Betracht, die, wie *Meyerhof* (21) am Muskelbrei feststellte, von einer Abspaltung anorganischer Phosphorsäure begleitet wird. Demnach muß auch auf der Dreikohlenstoffstufe beim Zuckerabbau intermediäre Bindung an Phosphorsäure in Betracht gezogen werden. Da das einzige hier bekannte Produkt gerade die Verbindung zwischen Phosphorsäure und Glycerin, das gewissermaßen am Schnittpunkt der Abbauwege der Kohlenhydrate mit dem der Fette steht, darstellt, so könnte man daran denken, daß auch für den Fettstoffwechsel der Phosphorsäure eine gewisse Bedeutung zukommt, wie das schon vor einigen Jahren bereits einmal von *Reicher* (26) geäußert worden ist. Die Physiologie der Glycerinphosphorsäure leitete ungezwungen hinüber zur Betrachtung der Phosphatide usw., ein Gebiet, das hier aber, wie erwähnt, unberücksichtigt bleiben soll.

II. Die Muskelkontraktion.

A. Auftreten von Phosphorsäure bei der Muskeltätigkeit.

Sobald erkannt war, daß die Milchsäurebildung im Muskel von dem Auftreten von Phosphorsäure begleitet ist, hatte *Embden* das Lactacidogen als die Betriebssubstanz des Muskels angesehen in dem Sinne, daß es im Augenblick der Kontraktion explosionsartig in Milchsäure und Phosphorsäure zerfällt. Die sich hierbei entwickelnde starke Zunahme saurer Valenzen soll dann unmittelbar die Reihe der im einzelnen hier nicht zu analysierenden physikochemischen Prozesse auslösen, welche die Verkürzung der Muskelfaser bewirken. Während aber das Auftreten von Milchsäure bei der Muskeltätigkeit schon lange bekannt war und gerade in den letzten beiden Jahrzehnten seit der ersten grundlegenden Veröffentlichung von *Fletcher* und *Hopkins* (10) von verschiedenen Seiten sehr eingehend erforscht werden konnte, ließ sich eine Vermehrung anorganischer Phosphorsäure im tätigen Muskel zunächst nicht feststellen. Weder *Parnas* und *Wagner* (25) noch *Laquer* (18) fanden bei bis zur Erschöpfung tetanisierten Froschmuskeln eine Steigerung ihres Gehalts an anorganischer Phosphorsäure. Am Warmblüter (5) konnte dagegen gezeigt werden, daß stark ermüdende Muskelarbeit beim Kaninchen und Hund zu einer Vermehrung der freien anorganischen Phosphorsäure und entsprechenden Verminderung der organischen Phosphorsäurefraktion ihres unmittelbar nach der Tätigkeit hergestellten Muskelbreies führte, beim Kaninchen allerdings nur in der leichter ermüdenden weißen, nicht in der schwerer ermüdenden roten Muskulatur. Diese Befunde wurden so gedeutet, daß im allgemeinen, besonders beim Froschmuskel, die im Kontraktionsaugenblick frei werdende Phosphorsäure sich bei der Erschlaffung sofort wieder mit neuem Kohlenhydrat zu Lactacidogen aufbaut, so daß sie im tätig gewesenen, also schon in der Erholungsperiode untersuchten Muskel nicht mehr gefaßt werden kann. Erst neuerdings gelang es *Embden* und *Lawaczeck* (7) durch Anwendung

flüssiger Luft den chemischen Zustand des Froschmuskels unmittelbar im Kontraktionsmoment zu fixieren. Hierbei fand sich, wie erwartet, eine zum Teil sehr beträchtliche Abspaltung freier Phosphorsäure, die spätestens gleichzeitig mit dem Eintritt der Erschlaffung wieder verschwindet.

Auf gänzlich anderem Wege war das Auftreten von Phosphorsäure bei der Muskeltätigkeit in Versuchen von *Embden* und *Adler* (8) festgestellt worden. Sie fanden, daß isolierte Froschmuskeln, die im Ruhezustand keine oder nur unbedeutende Mengen freier Phosphorsäure an die Umgebung abgeben, bei ihrer Tätigkeit reichlich Phosphorsäure ausscheiden. Diese Ausscheidung rührt jedoch neben der Bildung anorganischer Phosphorsäure bei der Muskeltätigkeit vor allem von der Veränderung der Durchlässigkeit von Muskelfasergrenzschichten her, die auch noch bei vielen anderen Prozessen, so z. B. bei der Kalilähmung, der Erstickung, der Narkose, der Adrenalinwirkung usw. von entscheidender Bedeutung ist. Darüber wird demnächst an anderer Stelle zusammenfassend berichtet werden.

Auf diese Weise war nach den verschiedensten Methoden die physiologische Bedeutung des Lactacidogens als Betriebssubstanz des Muskels gezeigt worden und erwiesen, daß es im Kontraktionsaugenblick zerfällt in freie Phosphorsäure und Kohlenhydrat (bzw. Milchsäure), während es bei der Erschlaffung und Erholung des Muskels wieder neu aufgebaut wird.

B. Die Höhe des Lactacidogengehalts.

Über die Menge des Lactacidogens der quergestreiften Muskulatur (in der glatten Uterusmuskulatur scheint es völlig zu fehlen) kann man durch die Darstellung der Osazonverbindung keine Anhaltspunkte gewinnen, da sie mit sehr großen Verlusten verknüpft ist. Dagegen läßt sich auf indirektem Wege die Höhe des im quergestreiften Muskel vorhandenen Lactacidogenbestandes feststellen.

Schon zu Beginn der in diesem Aufsatz wiedergegebenen Untersuchungen war beobachtet worden (18), daß der fein zerhackte Brei von Froschmuskeln, wenn er eine Stunde lang einer Temperatur von 45 ° ausgesetzt wird, eine starke Vermehrung anorganischer Phosphorsäure zeigt. Es wurde höchst wahrscheinlich gemacht, daß die ganze bei dieser sogenannten „Wärmestarre“ in Freiheit gesetzte Phosphorsäure dem Lactacidogen entstammt, womit eine Methode zu seiner quantitativen Bestimmung gegeben war.

Systematische Untersuchungen über die Höhe des Lactacidogengehalts verschiedener Muskeln, die mit der Fülle der darin niedergelegten Einzelbeobachtungen hier nicht ausführlich wiedergegeben werden können (vgl. *Schmitz,* Über die Bedeutung der Phosphorsäure für die Muskelphysiologie) (29), lehrten, daß der Lactacidogengehalt jedes Muskels um so höher ist, je schneller er arbeitet. So enthält beim Kaninchen der flinke weiße Muskel mehr Lactacidogen als der träge rote, träge Winterfrösche haben einen viel geringeren Lactacidogengehalt als lebhafte Sommerfrösche usw. Umgekehrt wie der Lactacidogengehalt verhält sich in den meisten Fällen eine andere Phosphorsäurefraktion des Muskels, die von *Embden* und seinen Mitarbeitern als „Restphosphorsäure“ bezeichnet wurde und sämtliche organische Phosphorsäureverbindungen mit Ausnahme des Lactacidogens umfaßt. Sie wird gerade bei den Tieren und in denjenigen Muskelgruppen in erhöhter Menge angetroffen, die zähe, ausdauernde Arbeit zu leisten haben, während ein hoher Lactacidogengehalt für schnell arbeitende Muskeln charakteristisch erscheint. Wo, wie im Brustmuskel der Taube, rasche und ausdauernde Arbeit miteinander gepaart ist, erreicht der Gesamtphosphorsäuregehalt weitaus die höchsten beobachteten Werte.

C. Phosphatwirkungen am ganzen Organismus.

Wenn tatsächlich Muskelarbeit mit einem Zerfall und Wiederaufbau einer Kohlenhydratphosphorsäureverbindung verbunden ist, so war zu erwarten, daß eine Verabreichung anorganischer Phosphorsäure diesen Prozeß begünstigen und somit eine Steigerung muskulärer Leistungsfähigkeit herbeiführen könnte. Solche Versuche wurden schon während des Krieges in großem Umfange ausgeführt. Zunächst an einzelnen Personen, die am Ergostaten arbeiteten (6). Es ließ sich bei ihnen durch Verabreichung eines Trankes, der anorganische Phosphorsäure enthielt, von deren Vorhandensein die betreffenden Versuchspersonen natürlich nichts wußten, eine Steigerung der Leistungen um durchschnittlich 20 %, teilweise auch eine sehr viel höhere, erzielen. Auch Massenversuche (9) an Soldaten, Bergarbeitern und Sportsleuten (13) führten zu ähnlichen günstigen Erfolgen, womit ganz allgemein gezeigt werden konnte, daß bei den meisten Menschen eine reichliche Zufuhr anorganischer Phosphorsäure in Form ihres Natriumsalzes ihre muskuläre Leistungsfähigkeit hebt.

Doch nicht nur auf dem Gebiet rein muskulärer Leistungen zeigt sich die günstige Wirkung der Phosphate auf den menschlichen Organismus. Viele Untersucher berichten über auffallend gute Beeinflussungen anderer vitaler Funktionen bei regelmäßiger Verabreichung von reinstem primärem Natriumphosphat, wie es unter dem Namen „Recresal“ von den Chemischen Werken vorm. H. u. E. Albert in Biebrich a. Rh. in den Handel gebracht wird. Eine Zusammenstellung der bisherigen kasuistischen Literatur findet sich bei *Schmitz* (29) und *Griesbach* (11). Hervorheben möchte ich hier nur die fördernde Wirkung der Phosphatverabreichung auf die Stillfähigkeit und auf zahlreiche rein nervöse Funktionen. Schon daraus kann man entnehmen, daß der Phosphorsäure auch für andere Zelleistungen

eine gewisse Bedeutung zukommt, wofür auch direkte experimentelle Anhaltspunkte gewonnen werden konnten, worüber der letzte Abschnitt berichten soll.

III. Bedeutung der Phosphorsäure für andere Zellfunktionen.

Lange und *Simon* (17) konnten zeigen, daß bei der Belichtung der Froschretina anorganische Phosphorsäure von der Netzhaut abgegeben wird. In gleicher Weise wie beim tätigen Muskel kann diese mit der spezifischen Funktion verknüpfte reversible Permeabilitätsänderung mit empfindlichen qualitativen Reaktionen zum Nachweis freier Phosphorsäure sichtbar gemacht werden. Auch bei höherer Erwärmung, die beim Muskel die „Wärmestarre" hervorruft, spaltet die Retina Phosphorsäure ab. Da hierbei ein gleichzeitiges Auftreten von Milchsäure vermißt wird, ist wohl anzunehmen, daß die mit der Tätigkeit der Retina verbundene Phosphorsäureabspaltung aus einer Verbindung erfolgt, die mit dem Lactacidogen des Muskels oder ähnlich gebauten Körpern nicht verwandt ist.

Daß bei elektrischer Reizung des Rückenmarks sich ganz ähnliche Vorgänge abspielen, geht aus noch nicht veröffentlichten Versuchen von *H. Behrendt* hervor. Ferner zeigen kürzlich erhobene Befunde von *Kestner* (16), daß bei angestrengter geistiger Tätigkeit sich die Phosphorsäurewerte im Blute erhöhen.

Schließlich seien neue Untersuchungen von *Schmitz* (30) erwähnt, die zeigen, daß auch Drüsen Phosphorsäure abspalten können, wobei gleichzeitig wieder Milchsäure auftritt, ein Befund, der zu der Annahme führt, daß die bekanntlich auch bei der Drüsenfunktion beobachtete Säuerung mindestens zum Teil durch das Auftreten freier Phosphorsäure bedingt ist; der Chemismus dieses Vorgangs bedarf allerdings im einzelnen noch weitgehender Aufklärung.

Am speziellen Beispiel der Phosphorsäure konnten wir somit sehen, wie eng sich die Wege, die der Stoffwechsel organischer Nahrungsstoffe einschlägt, mit dem Schicksal eines Anions verbindet. In diesem besonderen Glücksfall ist es auch gelungen, was für den Untersucher stets den befriedigendsten Abschluß bildet, das Verbindungsprodukt chemisch zu isolieren und zur Reindarstellung zu bringen. Vielleicht beruht die jetzt so häufig untersuchte spezifische Wirkung anderer Anionen und auch Kationen gleichfalls zum Teil auf der Bildung derartiger stöchiometrischer Verbindungen. Nach solchen Verbindungsprodukten zwischen organischen Substanzen und gewöhnlichen anorganischen Salzen zu suchen, erscheint, wie die Bearbeitung so manchen Grenzgebietes, als eine besonders reizvolle Aufgabe.

Erwähnte Arbeiten:

1. *Embden, Kalberlah* und *Engel*, Bioch. Ztschr. *45*, 45, 1912.
2. *Embden, Griesbach* und *Schmitz*, Ztschr. f. physiol. Chemie *93*, 1, 1914.
3. *Embden, Griesbach* und *Laquer*, ebenda *93*, 124, 1914.
4. *Embden* und *Laquer*, ebenda *93*, 94, 1914; *113*, 1, 1921.
5. *Embden, Schmitz* und *Meincke*, ebenda *113*, 10, 1921.
6. *Embden, Grafe* und *Schmitz*, ebenda *113*, 67, 1921.
7. *Embden* und *Lawaczeck*, Bioch. Ztschr. *127*, 181, 1922.
8. *Embden* und *Adler*, Ztschr. f. physiol. Chemie *118*, 1, 1921.
9. *Embden*, Med. Klinik 1919, Nr. 30.
10. *Fletcher* und *Hopkins*, Journ. of physiol. *35*, 247, 1907.
11. *Griesbach*, Med. Klinik 1922, Nr. 17.
12. *Harden* und *Young*, Proc. chem. soc. *65*, 1907.
13. *Herxheimer*, Kli. Wo. *1*, 480, 1922.
14. *Iwanoff*, Ztschft. f. physiol. Chemie *50*, 281, 1907.
15. *Karrer*, Ergebn. d. Physiol. *20*, 433, 1922.
16. *Kestner* und *Knipping*, Kli. Wo. *1*, 1353, 1922.
17. *Lange* und *Simon*, Ztschft. f. physiol. Chemie *120*, 1, 1922.
18. *Laquer*, ebenda *93*, 60, 1914.
19. *Laquer*, ebenda *116*, 169, 1921.
20. *Meyerhof*, Die Naturwissenschaften *8*, 696, 1920.
21. *Meyerhof*, Pflügers Archiv *175*, 20, 1919.
22. *Meyerhof*, ebenda *188*, 114, 1921.
23. *Neuberg*, Bioch. Ztschft. 103, 320, 1920.
24. *Neuberg* und *Dalmer*, ebenda 131, 188, 1922.
25. *Parnas* und *Wagner*, ebenda *61*, 387, 1914.
26. *Reicher*, Verh. d. 30. Kongr. f. inn. Med., Wiesbaden 1913.
27. *Rosenberger*, Ztschft. f. physiol. Chemie *58*, 369, 1909.
28. *Samec*, Kolloidchem. Beihefte *6*, 23, 1914.
29. *Schmitz*, Kli. Wo. *1*, 432, 1922.
30. *Schmitz*, Verh. d. Hundertjahrfeier der Ges. Deutscher Naturforscher u. Ärzte, Leipzig 1923.
31. *Starkenstein*, Ztschft. f. physiol. Chemie *58*, 162, 1909.

Besprechungen.

Hoffmann, Bernhard, Führer durch unsere Vogelwelt. II. Teil. Vom Bau und Leben der Vögel. Mit Bildschmuck nach Zeichnungen von *Martin Semmer*. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1923. 148 S. 12 × 18 cm.

Beim Lesen dieses Buches kam mir unwillkürlich der Gedanke, wie viel besser es doch heutzutage die heranwachsende Jugend hat, wenn sie sich über biologische Dinge belehren lassen will, als ich in meinen eigenen Knabenjahren, die doch kaum ein Menschenalter zurückliegen. An Begeisterung für ihren Stoff fehlte es den *Brehm* und *Roßmäßler*, *Wagner* und Gebrüder *Müller* zwar sicherlich nicht, und hinsichtlich sprachlicher Meisterschaft könnten sie es mit vielen sehr anspruchsvollen Enkeln recht leicht aufnehmen, aber wer von ihnen hätte wohl die verschiedensten Zweige der Wissenschaft so beherrscht wie dieser Prof. *Bernhard Hoffmann*. Das ist durchaus nicht nur sein Verdienst; er darf eben die zielbewußte Arbeit einer ganzen Generation von Ornithologen nützen. Ein *B. Altum* ging gewißlich mehr in die Tiefe und war *Hoffmann* sicher auch an logischer Kraft überlegen — ich glaube, der Verfasser unseres schönen Buchs gäbe das selber am freudigsten zu —, aber dennoch ist dieses neue Werkchen für den Vogelfreund wohl ein prak-

tischeres Hilfsmittel als *Altums* so wesenhaftes Vogelbuch.

In vielen Fällen vermag ich *Hoffmanns* Ansichten nicht durchaus zu teilen, doch wäre es kleinlich, das hier besonders hervorheben zu wollen, ist doch das eine so strittig wie das andere, und vor allen Dingen wird dadurch der Wert dieses Buches, seine Fähigkeit, naturfrohe Leser zu eignem Nachdenken über biologische Fragen anzuregen, nicht im mindesten beeinträchtigt. Eine staunenswerte Fülle von Stoff ist auf diesen 148 Seiten verarbeitet. Auch die sprachliche Ausdrucksweise verdient alles Lob; sie ist bei aller Sachlichkeit, die jede Phrase ablehnt, doch voll innerer Wärme. Der Anfang des Abschnittes über die Wanderungen der Vögel eignete sich trefflich für die Lesebücher unserer Schuljugend. Dabei bescheidet sich der Verfasser überall mit dem, was als sicher erkannt gelten darf. Die Schrift des baltischen Ornithologen *Axel v. Löwis* über die Ehe der Singvögel, für mich nicht ohne guten Grund ein Lieblingsbuch vergangener Zeiten, bringt viel mehr als *Hoffmanns* Abschnitt: Von Ehe und Familienleben der Vögel, muß sich dafür aber auch den Vorwurf gefallen lassen, daß sie manche glaubensstarke Behauptung enthält, deren empirische Begründung recht schwach ist. Dabei werden uns in dem Hoffmannschen Buch die behandelten Fragen überall durch eigene Beobachtungen des Verfassers näher gebracht, der auch in der Hinsicht ein rechter Volksschriftsteller ist, daß er solche Abschweifungen liebt, welche uns den Vogel als Gegenstand volkstümlicher Naturerkenntnis zeigen. Wie verständig weiß er nicht z. B. das Sprichwort: „*Eine* Schwalbe macht keinen Sommer" auf richtige Beobachtung des Vogellebens zurückzuführen!

Daher bestätigt auch diese Schrift das anerkennende Urteil, das ich schon so manches Mal über Männer wie *Alwin Voigt* und *Bernhard Hoffmann* gefällt habe. Mögen andere Ornithologen sich anspruchsvoller in die akademische Toga strengster Wissenschaftlichkeit hüllen dürfen, diese beiden Sachsen haben sich um ihr Volk ein unschätzbares Verdienst erworben und Naturliebe, Heimatsliebe in der Seele manches Jünglings geweckt, in dem Herzen manches Mannes, ja Greises vertieft und durch klare Erkenntnis geadelt.

Auch die kleinen, aber weiträumigen und reich belebten Bildchen *Martin Semmers*, mit denen der Band geschmückt worden ist, haben auf ein Wort der Anerkennung begründeten Anspruch.

Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.

Lutz, K., Tierpsychologie. Aus Natur und Geisteswelt Bd. 826. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1923. 120 S. 12×18 cm.

Die Aufgabe, den gebildeten, aber zoologisch oder psychologisch nicht geschulten Leser in die Anfangsgründe der Tierpsychologie einzuführen, hat Verf. in ausgezeichneter Weise gelöst. Schon die energische Stellungnahme gegen die naiv vermenschlichende „Vulgär"-Psychologie, besonders auch gegen die Kritiklosigkeit derer, die an „rechnende" und „denkende" Hunde, Pferde usw. glauben, ist verdienstvoll und wird weiten Kreisen die Augen öffnen. Dennoch lernt der mit der Materie einigermaßen Vertraute aus der Schrift wohl nicht allzuviel; er findet fast nur die bekanntesten Beispiele und nur bekannte Abbildungen[1]). Die Darstellung ist in hohem Maße unpersönlich; die freilich mit außerordentlichem Geschick ausgewählten Zitate aus den Werken anerkannter Forscher füllen oft ganze Seiten, und zwar nicht selten die wichtigsten des ganzen Gedankenganges.

Nach einer kurzen Darstellung des Begriffes und der Aufgaben der Tierpsychologie sowie der Forschungsmethoden werden in drei getrennten Kapiteln die Reizreaktionen, die Instinkt- und die Gedächtnishandlungen der Tiere besprochen. Der sechste Abschnitt über die „Denkhandlungen" der Tiere kommt zu dem negativen Ergebnis, daß trotz Rolfs, des klugen Hanses, Mehmeds, Zarifs, der Schimpansen Basso usw. tierisches Denken bisher noch nicht nachgewiesen wurde, daß vielmehr „Reizreaktionen, Reflexe, Instinkte und Assoziationen" vollständig zur Erklärung der tierischen Handlungen ausreichen; von den besonderen Verhältnissen bei den Menschenaffen ist sogleich noch die Rede. Sehr lesenswert ist der 7. Abschnitt über die Abrichtungsmethoden. Im 8. Kapitel, das von der stammesgeschichtlichen Entwicklung des tierischen und menschlichen Verhaltens redet, kommt dann auch *Köhler* mit seinen Ergebnissen an Menschenaffen zu Worte; diese zeigen ein „einsichtiges" Verhalten. Der Schlußabschnitt weist auf die praktische Bedeutung tierpsychologischer Untersuchungen hin (Erkenntnis der menschlichen, bisher oft vernachlässigten Instinkthandlungen per analogiam, Dressur und Pädagogik, Diensthunde, Schulunterricht). — Die Sinnesphysiologie ist mit vier Seiten entschieden zu schlecht weggekommen; beim statischen Sinn der Wirbeltiere erfahren wir z. B. von den labyrinthlosen Tauben nur, sie flögen schwankend durch die Luft (*Ewald*!). Der bekannte Streitfall des Farbensehens der Wirbellosen läßt den Verf. selbst an der *Möglichkeit* einer Entscheidung zweifeln, weil bei derartigen Untersuchungen „eine Menge von Fehlerquellen möglich ist, welche sich trotz aller Kritik und alles Scharfsinnes doch nie ganz ausschließen lassen". Jedoch entscheidet er sich selbst für die richtige Alternative, d. h. die Existenz von Farbensinn auch bei Wirbellosen. — Nach ihrem Verhalten lassen sich die Tiere in 7 Typen einteilen: 1. der passive Typus (fehlende Ortsbewegung, festsitzende Formen), 2. der reaktive Typus (positive, negative, Nahrungsreaktionen, Paramaecium), 3. der behaltende, d. h. Remanenz zeigende (wiederholte Reize werden leichter beantwortet. Stentor), 4. der reflektorische (ausschließlich Reflexbewegungen, Ameisenlöwe), 5. der instinktive (mit unabänderlichen Reflexketten, *Fabres* beim Nestbau gestörte Wespen), 6. der erfahrene (der Assoziationen zu bilden und seine Instinkte dem jeweiligen Erfahrungszustande anzupassen vermag. Biene), 7. der einsichtige Typus (er schlägt den zwar überschaubaren, aber bisher noch nie begangenen Umweg zum Ziele ein, wenn der direkte Weg ungangbar wird. Anthropoiden). So verdienstvoll es auch ist, solche Einteilungen zu schaffen, so weit ist noch der Weg zu einer endgültigen und befriedigenden Fassung, wie Verf. es selbst empfindet. Man könnte beispielsweise verschiedene Handlungen eines und desselben Tieres nicht weniger als vier der oben aufgezählten Typen eingliedern, z. B. die menschlichen Handlungen den Typen 4—7, die der Hydra den Typen 1—4.

O. Koehler, München.

[1]) In Fig. 28 ist sogar ein Druckfehler, nämlich ein versehentlich beigefügtes schwarzes Rechteck außerhalb des Versuchstisches im Leeren, gewissenhaft wiedergegeben. Vgl. *v. Frisch*, Naturwissenschaftl. Monatshefte 1920, S. 147, mit der Originalfigur, Zool. Jahrb. Abt. Physiol., Bd. *35*, 1914, Taf. 1, Fig. 1.

Schoenichen, W., Praktikum der Insektenkunde nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1921. X, 227 S. und 261 Abbildungen.

Schoenichens Praktikum der Insektenkunde ist in

der zweiten Auflage durch neuaufgenommene Abschnitte über Lepisma, blütenbesuchende Käfer, Hautflügler und Fliegen, über die pflanzenschädlichen Borkenkäfer und Blattwespen, über Schlupfwespen, Kleiderlaus und Hundefloh wesentlich erweitert worden. Eine Anzahl früherer Lichtbilder ist durch Strichzeichnungen ersetzt worden, neue, meist schematische Abbildungen sind hinzugefügt. An dem Grundplan seines Werkes hat Verfasser festgehalten. Er führt dem Praktikanten und Leser bei der Herstellung von instruktiven Präparaten eine Fülle interessanten und wissenswerten Tatsachenmateriales im besonderen Hinblick auf biologisch-ökologische Verhältnisse vor. Es sind Kostproben, die Dank einer liebenswürdigen Darstellung zu vertieftem Studium außerordentlich anregen. Man vermißt aber leider die systematische Durchdringung des gesamten Stoffes. Und wenn sich Verfasser auch nicht die Aufgabe gestellt hat, eine Einführung in die vergleichende Anatomie und Histologie des Insektenkörpers zu bieten, so sind tatsächlich doch so viele Einzelheiten, besonders über den allgemeinen Körperbau und die Kutikularbildungen der Insekten zur Darstellung gelangt, daß der Inhalt des Werkes in dieser Richtung ohne jede Mehrbelastung wesentlich hätte bereichert und vor allem auch auf den modernen Stand der Forschung hätte gebracht werden können. Dies gilt vor allem für die Bearbeitung der Mundwerkzeuge und Hinterleibsanhänge, die in den verschiedenen Kapiteln ungleichwertig ist und die vorhandene Literatur nur einseitig berücksichtigt hat. Zu bedauern ist die bei der Neuauflage erfolgte Anlehnung in der Ordnungsfolge der Insekten an die Handlirsch'sche Schule und die dadurch eingetretene willkürliche Trennung der nach ihrer Entwicklungsweise zusammengehörigen Insekten. Im einzelnen sei noch bemerkt, daß z. B. die Haarbildungen an den Stigmen in mehreren Fällen als Staubschutz-Einrichtungen, in anderen aber und wahrscheinlich richtiger als Vorrichtung zum Verdichten und Festhalten der Atemluft beschrieben worden sind. In der Darstellung des Schnellapparates der Schnellkäfer ist auf die von *Verhoeff* gegebene biologische Deutung des Vorganges (Hebelwirkung zur Überwindung der Druckwiderstände in Erde, unter Baumrinde und dergl.) nicht Bezug genommen worden. Die Rinne des „Zungenstabes" der Bienenzunge ist nach *Zander* noch irrtümlich als Kapillarrohr zur Aufnahme kleinster Nahrungströpfchen interpretiert worden, während sie tatsächlich die Ausflußrinne für den Speichel ist. Metamorphose und Fortpflanzungsweise der Insekten sind kaum erörtert, obwohl sie gerade im Sinne des Untertitels des Werkes zur Darstellung außerordentlich interessanter Verhältnisse und Beziehungen hätten Anlaß geben können. Von morphologisch oder biologisch interessanten Insektengruppen bleiben Machilis, Blasenfüße, Ameisen u. a. unbehandelt.

Bei dem dringenden Bedürfnis nach einem brauchbaren Praktikum der Insektenkunde, dem *Schoenichens* Praktikum abzuhelfen geeignet erscheint, wäre daher die Berücksichtigung der vorgebrachten Wünsche bei Herausgabe einer neuen Auflage sehr zu begrüßen.

Carl Börner, Naumburg.

Stoklasa, Julius, Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. Jena, Gustav Fischer, 1922. 8°. 500 S.

Das Werk stellt das Ergebnis langjähriger Studien und Untersuchungen des Verfassers dar, bei denen er von zahlreichen Mitarbeitern unterstützt wurde. So entstand eine ausführliche Monographie, die den Gegenstand von allen Seiten beleuchtet. Teilweise handelt es sich um Literaturstudien und theoretische Überlegungen, teilweise um ausgedehnte Versuchsreihen. Der Schluß, der sich aus dem allen ergibt, lautet: „daß man das Aluminium nicht wie bisher als einen akzessorischen Bestandteil der Pflanze betrachten soll — vielmehr ist eine bedeutende Rolle und physiologische Funktion demselben bei gewissen Pflanzenfamilien, und zwar bei den Hydrophyten, Hygrophilen und Mesophyten zugewiesen".

Der Verfasser wendet sich mit Recht gegen die Verallgemeinerung der Versuche an einigen wenigen Versuchspflanzen, die zudem durchweg Kulturpflanzen waren, wenn es sich darum handelt, das Nährsalzbedürfnis festzustellen, das sehr wohl von Pflanze zu Pflanze wechseln kann, wie wir das ja auch z. B. bei den Algen sehen, die teilweise Ca brauchen, teilweise nicht. Nur breit angelegte Versuche mit einer großen Anzahl von Arten können entscheiden. Das hat der Verf. in bezug auf das Aluminium unternommen. Ob er dabei wirklich, wie er meint, das Studienmaterial so ziemlich erschöpft hat, wird erst die Zukunft lehren können, die hoffentlich recht bald Nachuntersuchungen bringen wird, damit die auch praktisch wichtigen Ergebnisse auch von anderer Seite bestätigt und für den Pflanzenbau und die Urbarmachung von Ödland nutzbar gemacht werden können.

Der Inhalt des Buches ist sehr mannigfaltig, wie die Kapitelüberschriften zeigen werden. 1. Verbreitung des Aluminiums in der Erdkruste. 2. Studien über den Verwitterungsprozeß von Orthoklas. 3. Die Genesis der Kaolinbildung. 4. Bildung des Laterits. 5. Die Typen der Bodenbildung. 6. Die Reaktion der Böden. 7. Über die Verbreitung des Aluminiumions in den gewöhnlichen natürlichen Wässern. 8. Einfluß der Organismen auf die Entstehung der Ackererde. 9. Über die Verbreitung des Aluminiumions in der Pflanzenwelt. 10. Über die Verbreitung des Aluminiumions in der Tierwelt. 11. Über den Einfluß des Aluminiumions auf die Keimung des Samens und die Entwicklung der Pflanzen. 12. Über den Einfluß des Aluminiumions auf die Entwicklung der Pflanzen. 13. Über die Resorption des Aluminiumions durch das Wurzelsystem der Pflanzen. 14. Über die Beeinflussung der Eisenaufnahme in die lebende Zelle durch das Aluminiumion. 15. Über die physiologische Bedeutung des Aluminiumions für den Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. 16. Über die Bedeutung des Aluminiums für den Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. 17. Über den Stoffaustausch der Ionen. 18. In welcher Form wird das Aluminium am vorteilhaftesten resorbiert? 19. Über die Wirkung des Aluminiums auf die Farbe der Blüten. 20. In welcher Form ist das Aluminium im Organismus der Pflanze vorhanden? 21. Über das Vorkommen des Aluminiums in den Pflanzenzellmembranen. 22. Über das Vorkommen des Aluminiums in den Nukleoproteiden. 23. Über die Nährstoffschen der Hydrophyten und Hygrophilen, insbesondere der Torfmoose (Sphagneen). 24. Über das Leben der vorweltlichen Pflanzen.

Es ist natürlich unmöglich, in einem Referat einen wirklichen Überblick über diesen reichen Inhalt zu geben. Daher sei nur einiges hervorgehoben. Die Untersuchungen über die Verwitterung Al-haltiger Gesteine führten zu dem Schluß, daß dabei ein wasserhaltiges Aluminium-Ferri- und Ferro-Silikat in kolloider Form, weiter kolloidales Aluminium- und Eisen-

hydroxyd sich bildet. Durch die Tätigkeit der Mikroorganismen im Boden soll das Aluminiumion in den Kreislauf gerissen werden, so daß es in assimilierbarer Form für das Wurzelsystem der höheren Pflanzen bereit steht. In Pflanzen findet sich das Aluminium nur in geringer Menge, wenn sie trockene Standorte bewohnen. Dieselben Arten aber an feuchten Standorten sowie Hydrophyten und Hygrophile enthalten es reichlicher. Bei der Keimung wurde Aluminiumchlorid als Reizstoff festgestellt, und zwar wirkte es auf verschiedene Kulturpflanzen am besten in Konzentrationen von 0,0001—0,0005 Mol. Dabei kann das Aluminium, das bei höherer Konzentration selbst giftig wirkt, das Mangan entgiften. Höhere Konzentrationen von Al-Verbindungen wurden von Bewohnern feuchter Standorte vertragen, die, wie z. B. Carexarten, Ranunculus fluitans, Caltha palustris u. a., die durch 0,001 Mol Aluminiumsulfat stark gefördert wurden. Sehr wichtig ist die gegenseitige Beeinflussung der Aufnahme von Aluminium, Mangan und Eisen in die Pflanze, die eingehend behandelt wird. Die Form, in der das Aluminium nach dem Verf. am vorteilhaftesten in die Pflanze aufgenommen wird, ist die organisch gebundene. Bei Besprechung der Verbindung, in der das Aluminium in der Pflanze vorliegt, schließt der Verf. auf organische Substanzen. Auch in der Zellmembran ist es zu finden, und zwar soll es auf die Zellwände gerbend einwirken und sich in dem Zellulosemolekül einlagern. Der in diesem Kapitel ausgesprochenen Meinung, daß in den Zellwänden keine wirkliche chemische Verbindung von Zellulose und Nichtzellulose vorliegen könne, weil sonst nicht nach der Entfernung einzelner Bestandteile die Form erhalten bleiben könne, muß — z. B. im Hinblick auf den Prozeß der Verkohlung — widersprochen werden. Aus den Ernährungsversuchen mit Pflanzen der Torfmoore ergab sich das bemerkenswerte Resultat, daß diese ohne Al nicht gedeihen können. Den Schluß machen Spekulationen über die Bedingungen, unter denen sich in der Vorwelt die großen Mengen von Pflanzenresten angehäuft haben, die die Materialien für die Ablagerung der Kohle geliefert haben.

E. G. Pringsheim, Prag.

Oltmanns, Friedr., Morphologie und Biologie der Algen. 2. Aufl. 2. Bd. Phäophyceae—Rhodophyceae. Jena, Gustav Fischer, 1922. IV, 439 S. und 325 Fig.

Dem ersten Band der zweiten Auflage von *Oltmanns'* Algenbuch (Naturwiss. 1922, S. 924) ist schnell der zweite gefolgt. Auch dieser ist stark umgearbeitet und dem jetzigen Stand der Wissenschaft angepaßt. Die Braunalgen sind nicht mehr in drei Gruppen eingeteilt, sondern weiter zerlegt, so daß sieben kleinere Reihen entstehen, die ziemlich unabhängig nebeneinander stehen. Leider ist das ja meistens der Gang der Entwicklung in der Systematik, daß mit fortschreitender Kenntnis die Differenzen in den früher mehr einheitlich erscheinenden Gruppen immer mehr hervortreten. Trotzdem stellen die Braunalgen eine systematische Einheit dar, zusammengehalten durch die Farbe der Chromatophoren, die Art der Assimilate und die Form der beweglichen Zellen, soweit solche vorkommen. Die morphologischen Verhältnisse sind eingehend und klar geschildert, so daß man ein deutliches Bild von ihrer Mannigfaltigkeit bekommt. Die Anatomie der Vegetationsorgane tritt demgegenüber ein wenig zurück.

Die Systematik der Rotalgen ist trotz der großen Fortschritte, die seit der ersten Auflage, hauptsächlich durch die Arbeiten der skandinavischen Forscher wie *Kylin, Rosenvinge* und *Svedelius,* in der Kenntnis der Fortpflanzungsverhältnisse erzielt wurden, noch immer sehr schwierig, weil diese nicht immer mit den morphologischen Verhältnissen des Thallus übereinzustimmen scheinen. Immerhin sind doch auch hierin große Fortschritte erzielt, über die sich der dem Forschungsgebiet Fernerstehende aus dem vorliegenden Werk zum ersten Male im Zusammenhang unterrichten kann.

Beim anatomischen Aufbau der Rhodophyceen wird wieder der Zentralfaden- und der Springbrunnentypus unterschieden, obgleich in der Mehrzahl der Untergruppen beide Typen vorkommen und die Jugendstadien „durch leichte Abänderungen in der Entwicklung" sich bald in der einen, bald in der anderen Richtung weiterentwickeln können, so daß also diese Unterscheidung keine systematische Bedeutung hat. So kommt es, daß die Gruppierung nach dem Aufbau der vegetativen Organe, die beinahe hundert Seiten umfaßt, doch wieder auf die systematische Einteilung nach den Fortpflanzungsorganen Rücksicht nehmen muß, ohne ihr ganz zu entsprechen. Der Ausdruck „Antheridium" wird mit Recht jetzt auf die Spermatienmutterzellen angewendet, so daß das, was man früher so nannte, jetzt Antheridienstand heißt.

Nach dem Verhalten der sporogenen Fäden werden mit *Schmitz* fünf Reihen unterschieden. Man hat den Eindruck, daß dadurch eine wirklich natürliche Systematik zustande kommt, wenn auch eine bestimmte Stufenfolge nicht ersichtlich ist, was ja aber in anderen systematischen Gruppen auch nicht erzielbar ist. Als nächste Verwandte der Rhodophyceen kommen neben den Coleochaeten Ascomyceten und Laboulbenien in Frage.

E. G. Pringsheim, Prag.

Botanische Mitteilungen.

Die rheinischen Hieracien. Im vorhergehenden Jahrgang dieser Zeitschrift wurde über die Bearbeitung der rheinischen Hieracien durch *K. Touton* berichtet. Der ersten Mitteilung ist in Jahresfrist eine zweite gefolgt, die sich ebenfalls noch auf das Subgenus der Piloselloiden bezieht (Jahrb. d. nassauisch. Ver. für Naturk., Jahrg. 74). Wie stark der persönliche Anteil *Toutons* auf dem vorliegenden Forschungsgebiete ist, das ist daraus zu ersehen, daß wiederum eine Reihe von neuen Arten, Unterarten und Varietäten beschrieben werden, die den Autornamen des Verfassers tragen. Auch diesmal wieder hat *Touton* in engem Kontakt mit dem badischen Hieracienspezialisten *Zahn* gearbeitet. Das ist besonders deshalb zu begrüßen, weil Hieracium zu jenen Gattungen zählt, deren Arten bei weiterer Analyse in ein Heer von Unterarten zerfallen. Somit besteht hier eine besondere Gefahr, daß bei selbständigem Vorgehen der einzelnen Floristen Doppelbenennungen Platz greifen, die einen fast unlösbaren Wirrwar in der Nomenklatur schaffen. Eine wichtige Aufgabe für die Zukunft ist es, durch Vererbungsversuche festzustellen, inwieweit die neubeschriebenen Formen konstant sind, inwieweit sie also tatsächlich Art- und Varietätencharakter besitzen.

Über Beziehungen zwischen Eisenbakterien und Algen. In der Algenliteratur finden verschiedentlich die sogen. „Psichohormiumbildungen" Erwähnung; das sind Gallertknöllchen, die mit Eisenoxydulhydrat inkrustiert sind und an den Fäden von Grünalgen, als deren Ausscheidungsprodukte sie angesehen wurden, anhaften. Nach neueren Untersuchungen von *Cho-*

lodnyi (Ber. d. D. bot. Ges. *40*, 1922) aber verdanken sie ihre Entstehung der Tätigkeit eines Eisenbakteriums, Sideromonas Confervarum, das auf den Algenfäden lebt. Aus der Tatsache, daß immer nur eine bestimmte Algengattung, Conferva, befallen wird und in den an das Gallertknöllchen angrenzenden Zellen der Alge eigenartige Veränderungen (Hypertrophie des Chlorophyllapparates, reichliche Stapelung von Reservestoffen) Platz greifen, leitet *Cholodnyi* den Schluß ab, daß es sich wohl um eine Symbiose handelt, bei der es das Bakterium auf den zur Oxydation des Eisens erforderlichen, bei der Assimilation der Grünalgen freiwerdenden Sauerstoff absieht, während die Alge möglicherweise organische Substanz geliefert bekommt. Verschiedene andere Schwefelbakterien zeigen ebenfalls eine ausgesprochene Tendenz, mit Grünalgen zusammenzuleben; so legt sich Leptothrix ochracea in engen Spiralen um Fäden von Oedogonium („schlingende Eisenbakterien"). Auch hier dürfte die Sauerstoffversorgung die treibende Ursache sein.

Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauerampfer (Rumex Acetosa). In einer kurzen Mitteilung (Biol. Centralbl. *42*, 1923) berichtet *Correns* über Experimente mit Sauerampfer, die zum Ergebnis hatten, daß hier die Geschlechtsbestimmung genau in derselben Weise erfolgt wie bei der Lichtnelke. Es ist nur eine Sorte von Eizellen vorhanden, dagegen werden zwei Arten von Pollenkörnern gebildet, männchenbestimmende und weibchenbestimmende. Nach dem einfachen Mendelschema nun müßten Männchen und Weibchen in gleicher Anzahl auftreten; tatsächlich aber ist auch hier wie bei der Lichtnelke stets ein beträchtlicher Überschuß an Weibchen vorhanden (ca. 70%, für Rumex thyrsiflorus werden sogar bis über 90% angegeben!). Das beruht nun offenbar darauf, daß die weibchenbestimmenden Pollenkörner den männchenbestimmenden in der Konkurrenz überlegen sind: Parallelserien mit Befruchtung durch viel und wenig Pollen führen stets eindeutig zu dem Ergebnis, daß im letzten Fall die Männchenziffer ganz erheblich (bis ums Vierfache!) größer ist; hier können nämlich fast alle Pollenkörner zur Befruchtung gelangen, und damit ist die Konkurrenz ausgeschlossen. Aber auch unter diesen optimalen Verhältnissen wird die normale Sexualrelation 50 : 50% nicht erreicht. Dabei wirkt — abgesehen von Schwierigkeiten in der Versuchstechnik — anscheinend mit, daß die Sterblichkeit im männlichen Geschlecht merklich höher ist als im weiblichen.

Pollenanalytische Untersuchungen böhmischer Moore. Auf Grund der von *L. von Post* in die Paläobotanik eingeführten pollenanalytischen Methode suchen *K. Rudolph* und *F. Firbas* (Ber. d. D. Bot. Ges. *40*, 1922) den Wechsel der böhmischen Waldvegetation in der Postglazialzeit festzustellen. In zahlreichen Mooren wurden Torfproben in Abständen von 10—25 cm aus den Vertikalprofilen entnommen, und in jedem einzelnen Horizonte durch statistische Zählung das Prozentverhältnis der Pollenkörner der verschiedenen Waldbäume bestimmt. So ergab z. B. das Moor in der Grünwalder Heide (Erzgebirge, 810 m) folgende Verhältnisse: a) Probe basal: Pollen von *Kiefer* (*86%*) und Birke; es fehlen Erle, Hasel, Fichte, Tanne, Buche und die Komponenten des Eichenmischwalds (Eiche, Linde und Ulme); b) in 80 cm von unten (Schilftorf): es treten hinzu Erle, Hasel, Fichte und Pollen des Eichenmischwalds; die *Hasel* herrscht vor (*82%*); c) in 140 cm (Scheuchzeriatorf): Hasel sinkt auf 15%; an ihre Stelle tritt die *Fichte*; die Buche erscheint spärlich; d) in 300 cm (Sphagnumtorf): Fichte tritt zurück, *Buche* und *Tanne* mit zusammen *80%* führen die Vorherrschaft. Darnach kann man folgende Entwicklungsetappen aufstellen: Kiefer-Birken-Zeit, Haselzeit, Fichtenzeit und Buchen-Tannen-Zeit. In der Verarmung der Waldflora während der Kiefer-Birken-Zeit klingt noch der Einfluß des eiszeitlichen Klimas nach; dagegen muß das Klima in der Haselzeit wärmer (oder kontinentaler) gewesen sein als gegenwärtig, denn heute fehlt sowohl die Hasel als auch der Schilf, in den der Haselpollen eingebettet ist, in entsprechenden Höhenlagen. Diese Schlüsse finden darin ihre Berechtigung, daß in allen untersuchten Mooren derselbe Rhythmus mit kleinen Abwandlungen erscheint. Daß gegenwärtig der Buchen-Tannen-Mischwald wieder im Rückgang begriffen ist, beruht wohl in erster Linie auf forstlichen Eingriffen; doch deutet die Tatsache, daß in dem Moor von Gottesgab (1000 m!) die Tannen-Buchen-Zone sehr deutlich vertreten ist, während die Buche heute dort nur bis 800 m emporsteigt, darauf hin, daß auch hier vielleicht klimatische Einflüsse mitwirken. Der Temperaturabfall würde also von der Haselzeit bis in die Gegenwart hereinreichen.

Über den Einfluß von Radiumbestrahlung auf Antirhinum. In einer vorläufigen Mitteilung (Zeitschr. f. indukt. Abstl. *29*, 1922) berichtet *Emmy Stein* über eigenartige Formänderungen, die durch Radiumbestrahlung beim Löwenmaul (Antirhinum) hervorgerufen werden konnten. Die Betrachtung erstreckte sich zum Teil auf den Vegetationspunkt, zum Teil auf die Samen. Der Erfolg ist naturgemäß von der Dauer der Bestrahlung abhängig. Bei einer Einwirkung von 5—10 Minuten wächst der Vegetationspunkt ungestört weiter; bei 20—160 Minuten tritt eine vorübergehende Hemmung mit nachfolgendem kräftigen Wachstum ein; die geschlossene Blütenstandsbildung unterbleibt und vielfach treten an die Stelle von Blüten Blätter. Bei Bestrahlung von mehr als 5 Stunden tritt endgültiger Wachstumsstillstand ein; es entwickelt sich eine Abschlußrosette am Ende des Triebs; nachträglich können Seitensprosse hervorbrechen, die es im nächsten Jahr zu normaler Blütenbildung bringen. In manchen Fällen war auch die Blattform geändert. Die Umgestaltungen, die durch Bestrahlung der Samen bei den heranwachsenden Pflanzen hervorgerufen werden können, sind sehr mannigfaltiger Natur. *E. Stein* erwähnt folgende Fälle: schmalblättrige Typen, „Hörnchenpflanzen", bei denen die Blattrippe hornartig aus der Blattspitze hervortritt, farb- und formdefekte Pflanzen mit zerschlitzten und verwachsenen Blüten und geschrumpften fleckigen Blättern, Zwergformen und endlich chimärenartige Individuen, die nach bestimmter Zeit absterben. Diese Abwandlungen waren in den meisten Fällen mit weitgehender Sterilität verknüpft, doch gelang es vereinzelt Nachkommen zu erhalten, die eine Rückkehr zur Stammsippe zeigten. Eine dauernde erbliche Beeinflussung (induzierte Mutation) scheint sonach nach den bisherigen Ergebnissen nicht vorzuliegen.

Stark.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co in Berlin SW 19